

ARBEITSPHYSIOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN AN EINEM
BÜRODREHSTUHL UND VERBESSERUNGSVORSCHLÄGE

Jutta K o h n

Disbui. München

1988



AUS DEM INSTITUT FÜR ARBEITSPHYSIOLOGIE

DER TECHNISCHEN UNIVERSITÄT MÜNCHEN

VORSTAND: UNIV.-PROF. DR.MED. WOLF MÜLLER-LIMMROTH

ARBEITSPHYSIOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN AN EINEM
BÜRODREHSTUHL UND VERBESSERUNGSVORSCHLÄGE

Dissertation

zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Jutta K o h n
aus Marburg/Lahn

198 8

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter : Univ.-Prof. Dr.med., Dr.-Ing.
Wilfried Diebschlag

1. Mitberichterstatter: Univ.-Prof. Dr.med.
Günter Fruhmann

2. Mitberichterstatter: Univ.-Prof. Dr.med. H. Goerke

Dekan : Univ.-Prof. Dr.med.
Wolfgang Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 26.05.88

ARBEITSPHYSIOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN AN EINEM BÜRODREHSTUHL UND VERBESSERUNGSVORSCHLÄGE

G l i e d e r u n g

	Seite
1. <u>EINLEITUNG</u>	5
1.1 Zur geschichtlichen Entwicklung des Sitzens	5
1.2 Vor- und Nachteile des Sitzens	11
1.3 Sitzhaltungen	14
1.4 Einige Gestaltungs-kriterien für Sitzmöbel	15
1.41 Technische Gestaltungs-kriterien	16
1.42 Physiologische Gestaltungs-kriterien	16
1.5 Notwendigkeit weiterer arbeitsphysiologischer Sitzmöbel-Verbesserungen anhand anthropome- trischer und anderer Meßdaten	17
2. <u>LABOR-EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN AM BÜRODREHSTUHL DER FA. F.</u>	22
2.1 Sitzgeometrie	22
2.11 Maßzahlen	25
2.12 Drehpunkte und Verstellwinkel	31
2.13 Stütz- und Bedienteile	38
2.14 Kippsicherheit und Stabilität	41
2.2 Druckmessungen	42
2.21 Maximaldruckmessungen	42
2.22 Druckverteilungsmessungen	44
2.3 Anforderungen	54
2.31 Konstruktive Empfehlungen	54
2.32 Empfehlungen zur Polsterung von Sitz- und Lehnenfläche	55
2.321 Polstermaterial	55
2.322 Formgebung und Maße	56
2.3221 Sitzfläche	56
2.3222 Lehnenfläche	57
2.323 Polsteraufbau	60
2.324 Mikroklima	60
3. <u>AUSBLICK</u>	62
4. <u>ZUSAMMENFASSUNG</u>	63
5. <u>LITERATUR</u>	64
6. <u>LEBENS LAUF</u>	66

1. EINLEITUNG

Die Arbeitsphysiologie, die den Menschen, also den wertvollsten Arbeitsfaktor, als "Maß aller Dinge" erachtet, nach dem sich Konstrukteur, Designer und Modeströmungen zu richten haben, ist die Grundlage für alle ergonomischen Bereiche der Arbeitswissenschaft. Betrachtet man im Rahmen einer arbeitsgestalterischen Soll-Ist-Analyse Maschinen, Arbeitsmittel sowie die Gesamtheit der Arbeitsplätze hinsichtlich

Arbeitsstuhl und -tisch

Beleuchtung

Lärm

Klima

Gasen, Stäuben, Dämpfen

Nässeinwirkungen

Vibrationen

Arbeits- und Schutzkleidung

Arbeitszeitregime und circadianer Rhythmik

Visueller Informationsübermittlungssysteme

Psycho-physischer Belastung und Beanspruchung

Ernährung etc,

so offenbart sich trotz aller bisherigen Erfolge noch ein großes Betätigungsfeld für arbeitsmedizinische und ergonomische Forschungen bzw. Untersuchungen zur Gesundheitsprophylaxe des arbeitenden Menschen. Untersuchungen an Sitzenden aller Art mit dem Ziel der bestmöglichen Anpassung an den Menschen und seine Arbeitshaltungen stellen diesbezüglich einen kleinen, wenngleich sehr wesentlichen Teil erforderlicher Arbeiten dar.

1.1 Zur geschichtlichen Entwicklung des Sitzens

Wenn ich sitze will ich nicht
sitzen, wie mein Sitz-Fleisch möchte,
sondern wie mein Sitz-Geist sich,
säße er, den Stuhl sich flöchte.

(Christian Morgenstern:
Der Ästhet)

Das Sitzen auf wie auch immer gearteten Sitzgelegenheiten stellt eine Körperhaltung dar, bei der im allgemeinen 75 bis 80% des Körpergewichts auf Sitzfläche mit Lehne und der

Restanteil über die Füße auf den Boden übertragen werden. Die weitgehende Entlastung von Haltearbeit, besonders der Rücken- und Beinmuskulatur, wird dabei als angenehm empfunden. Bei längerem, mehrstündigen Sitzen befinden sich der "unruhige Sitzgeist" und das "gequälte Sitzfleisch" jedoch oft nicht mehr in Übereinstimmung, woran meist auch der bestmöglich gestaltete Stuhl nichts ändern kann.

Ehe sich der Mensch künstliche Sitze schuf, hat er für sein erholungsbedingtes Sitzbedürfnis Natursitze wie Steine und Baumstämme verwendet, die er jedoch im allgemeinen nicht in seiner Behausung aufstellen konnte. Der erste Stuhl von Menschenhand war vermutlich ein für den Gott oder Herrscher bestimmter Thron (Abb.1).

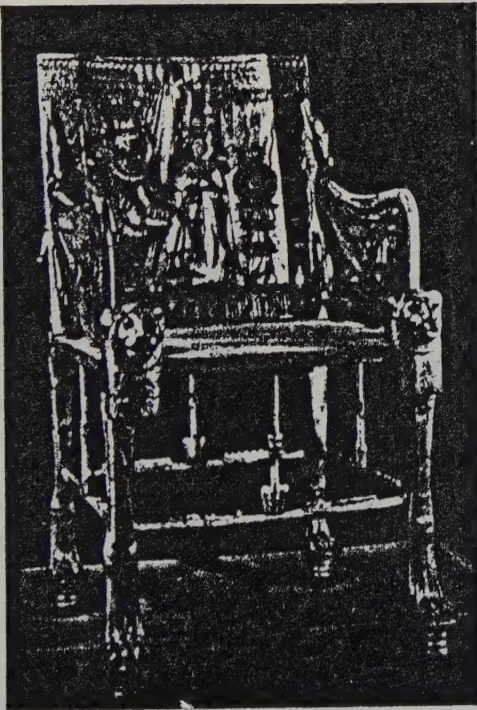


Abb.1: Altägyptischer Thronessel

Somit war der Stuhl jahrhundertlang ein Symbol für Rang und Würde und dessen Benutzung als Sitzmöbel eine Auszeichnung, wie es noch in den Begriffen: Herrensitz, päpstlicher Stuhl, Richterstuhl und Lehrstuhl zum Ausdruck kommt. Älteste Darstellungen von Stühlen finden sich auf mesopotamischen Reliefs aus dem 3. Jahrtausend vor Christus, wobei diese Sprossenstühle von offensichtlich hoher technisch-konstruktiver Vollendung bereits auf eine lange Erfahrung im Stuhlbau schließen lassen. Die verschiedenen Stuhltypen wie Kastensitz, Brett-, Sprossen-, Zargen- und Faltstuhl wurden diesseits der Alpen erst im 16. Jahrhundert zu einem allgemeinen Gebrauchsgegenstand; bis dahin waren beim gemeinen Volk nur dreibeinige Schemel und schlichte Bänke ohne Lehne im Gebrauch.

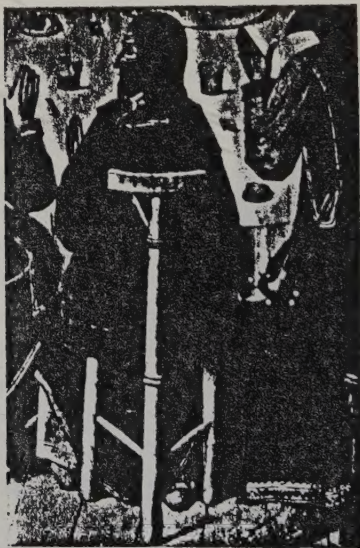


Abb. 2: Dreibeiniger Sprossenstuhl mit kleiner, den Rücken unter den Schulterblättern stützender Kopfschwinge. Ausschnitt aus einem mittelalterlichen Gemälde um 1470 (ECKSTEIN, 1977). Besonders die hohe Rückenabstützung war also bereits vor über 500 Jahren in ihrer Bedeutung bekannt.



Abb. 3: Kanzleisitz (18. 19. Jh.)



Abb.4: Wiener Kaffeehausstuhl (19.Jh.), ohne wirkungsvolle Rückenstützung.



Abb.5: Werkstatt-Sitz ("Bauhaus-Stil", ca.1925), ohne wirkungsvolle Rückenstützung

Durch die Verwendung von Metall und den neuen synthetischen Materialien entwickelten sich moderne Stuhlbautechniken, mit denen heutzutage eine bestmögliche Anpassung des Sitzmöbels an den Menschen und die Erfordernisse in vielfältigen Einsatzbereichen möglich ist. Bei dieser so einfach erscheinenden Aufgabe werden jedoch von Sitzmöbelherstellern Modeströmungen und Design oft immer noch höher bewertet als die konstruktive Verwirklichung anatomisch-physiologischer Empfehlungen bzw. Forderungen (Abb.6).

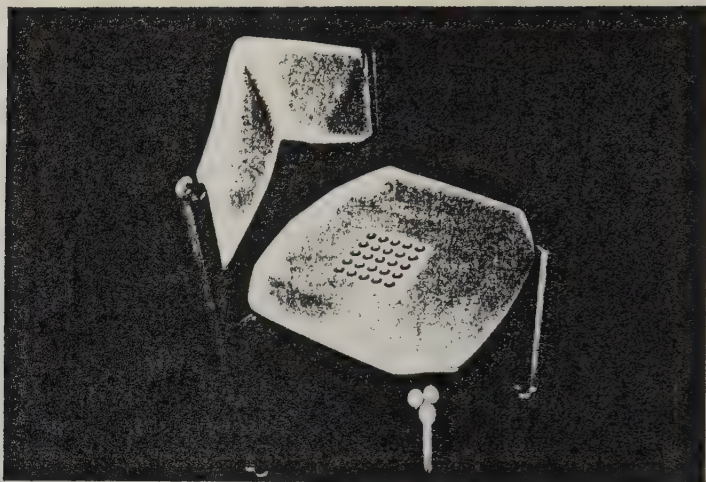


Abb.6: Moderner Cafeteria-Stuhl (Fa. F./BRD, 1987).



Abb.7: Beispiele 'moderner' Bürostühle.



Abb.8: 'Moderner' Bürodrehstuhl mit teilweiser Berücksichtigung arbeitsmedizinischer und ergonomischer Forderungen.

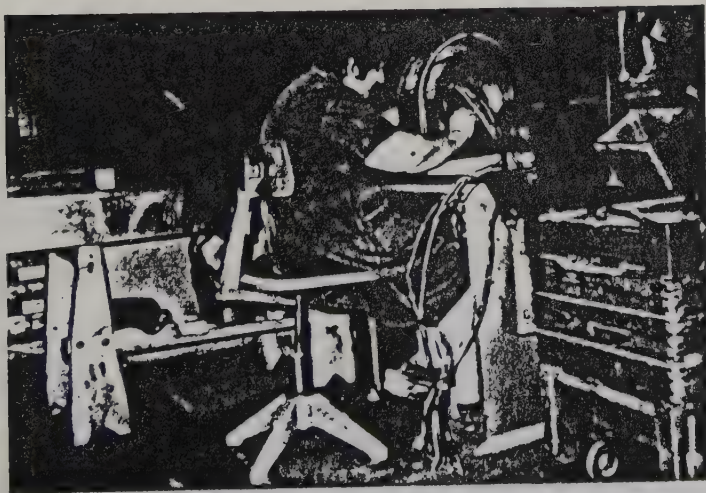


Abb.9: Legende s. Abb.10





Abb.9-10: Ergonomisch ungenügende Arbeitssitze und unphysiologische Sitz- bzw. Arbeitshaltung, wie sie oft genug auch heute noch in Klein- und Mittelbetrieben angetroffen wird.

1.2 Vor- und Nachteile des Sitzens

Die Vorteile des Sitzens, besonders mit hoher und geformter Rückenlehne, bestehen in einer weitgehenden Entlastung und Entspannung des rückwärtigen = dorsalen Halteapparats (Knochen, Muskeln, Sehnen, Zwischenwirbelscheiben; Abb.11), einiger innerer Organe (Herz, Magen) sowie des Kreislaufsystems, woraus gegenüber der Stehhaltung eine Reduzierung des Arbeitsumsatzes resultiert.

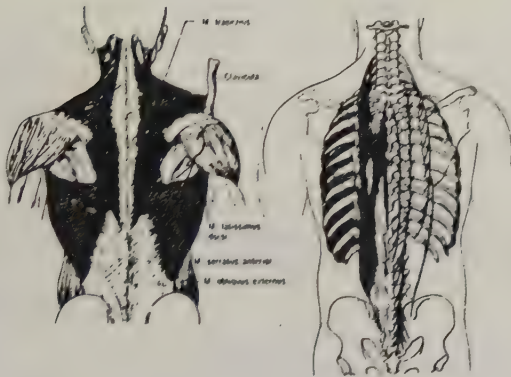


Abb.11: Eine über den angulus inferior scapulae (dexter et sinister) hinausreichende Rückenlehne mit einer Höhe von 460 - 500 mm über Sitzoberkante bewirkt eine starke Entlastung des dorsalen Halteapparates. Diesbezüglich ist das Mindestmaß von 320 mm nach DIN 4552 ungenügend.

Nachteilig kann sich das Sitzen auswirken aufgrund der Lastumverteilung, Einzwängung innerer Organe, Sitzbauch infolge Erschlaffung der Bauchmuskulatur, Beeinträchtigung des venösen Rückflusses (besonders aus den Beinen), Muskelverspannungen, Rundrücken, Bandscheibenfehlbelastungen sowie daraus resultierender Fehlhaltungen, woraus sich anteilig wieder eine Zunahme des Arbeitsumsatzes sowie Leistungs- bzw. Erholungsminderung ergeben können.

Arbeitsphysiologisch ist dem dynamischen Arbeitsablauf der Vorzug zu geben vor statischer Haltearbeit, wie sie Stehberufe und längeres Sitzen auf Schalensitzen mitsichbringen, da letztere wegen ungenügender Bewegbarkeit verschiedenartig Beschwerden und Schmerzen bewirken können. Wie Tabelle 1 ausweist, scheinen die Beschwerden bei längerem Sitzen - insbesondere auf arbeitsmedizinisch unzureichenden Büro- und Werkstattstühlen - im Vergleich zum Stehberuf eher zu- statt abzunehmen, was die Bedeutung weiterer Forschungsarbeit auf

dem Gebiet der Sitzmöbelgestaltung unterstreicht. Dazu wurde von DIEBSCHLAG et al. 1978, 1983, 1985) ein Experimentierstuhl (Abb.12) entwickelt, der in allen bedeutenden Funktionen elektrisch verstellbar sowie im Sitz- und Lehnenprofil beliebig verformbar ist.

Beschwerden und Schmerzen im Körperteil:	Stehberuf (79 Verkäuferinnen)	Sitzberuf (246 Büroangestellte)
Kopf	19%	14%
Nacken, Schultern	nicht ermittelt	24%
Arme, Hände	nicht ermittelt	15%
Rücken	19%	57%
Bauchorgane	9%	nicht ermittelt
Gesäß	nicht ermittelt	16%
Oberschenkel	20%	19%
Knie und Füße	20%	29%

Tab.1: Verteilung der Beschwerden bei Steh- und Sitzberufen. Die %-Angaben beziehen sich auf das angegebene Untersuchungskollektiv; Mehrfachantworten waren möglich (GRANDJEAN et al. 1967, 1968).

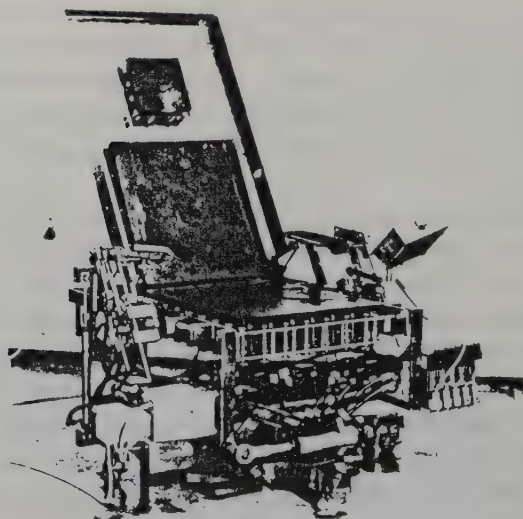


Abb.12: Experimentierstuhl, von DIEBSCHLAG et al. (1985).

1.3 Sitzhaltungen

Den verschiedenartigen Tätigkeiten am Arbeitsplatz entsprechend werden unterschieden:

* vordere Sitzhaltung:

Schwerpunkt ventral der Körperachse;

im allgemeinen Öffnungswinkel $\alpha_v < 90^\circ$ in der Leistenbeuge,

Rumpf vornübergebeugt,

ausgesprochene Arbeitshaltung ohne Lehnenkontakt (durchschnittlich in 58% der Arbeitszeit),

Kyphose des gesamten Rückens,

Bandscheibendruck $p_v > 5 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ in Lendenwirbelhöhe L3/L4

* mittlere Sitzhaltung:

Schwerpunkt in der Körperachse,

Öffnungswinkel $\alpha_m = 90-95^\circ$ in der Leistenbeuge,

Rumpfstellung aufrecht,

je nach Anspannung der Rumpfmuskulatur mehr oder minder

starke Ausprägung von Hals- und Lendenlordose sowie Brustkyphose,

Bandscheibendruck $p_m \approx p_v$,

* hintere Sitzhaltung:

Schwerpunkt dorsal der Körperachse,

Öffnungswinkel $\alpha_h > 95^\circ$ in der Leistenbeuge,

Rumpf rückwärts geneigt,

mit zunehmender Neigung Übergang in entspannte Haltung (Ruhestellung) bei gutem Lehnenkontakt,

je nach Höhe und Formgebung der Rückenlehne Ausbildung

der natürlichen Rückenform mit Doppel-S-Form der Wirbelsäule

Bandscheibendruck $p_h \ll p_v$ (NACHEMSON et al., 1970).

Eine bestimmte Sitzhaltung sollte nicht a priori als beste angesehen werden, sondern es muß immer eine bestmögliche Abstimmung der Sitzhaltung auf die Höhenlage und Erreichbarkeit von Bedienelementen und den erforderlichen Freiraum am Arbeitsplatz erfolgen. Für Bürotätigkeiten sind aufeinander abgestimmte Stuhl-Tisch-Einheiten besonders zu empfehlen. Dabei läßt sich am besten das Konzept eines komfortablen "Im-Stuhl-Sitzens" statt "auf" dem Stuhl sitzen verwirklichen.

1.4 Einige Gestaltungskriterien für Sitzmöbel

Die bezüglich des Menschen als auch hinsichtlich des Arbeitsplatzes erforderlichen Merkmale einer Sitzgelegenheit sollten weitgehend optimiert werden, um auch von dieser Seite Gesundheitsschäden vorzubeugen. In dieser Weise sind unter anderem der § 25/1 der Arbeitsstätten-Verordnung, die Arbeitsstätten-Richtlinien in Verbindung mit weiteren Paragraphen von Betriebsverfassungsgesetz (§§ 90, 91), Gewerbeordnung, Bürgerlichem Gesetzbuch, Handelsgesetzbuch, Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaften, VDI-Richtlinien (2780-2783) und andere zu interpretieren. In Tabelle 2 sind wesentliche Stuhlkriterien zusammengestellt. Dabei handelt es sich vor allem um zwei übergeordnete Gruppen, nämlich technische und medizinische Forderungen.

lfd. Nr.	Untergestell	Sitzfläche	Rückenlehne	Armauflage	Becken- und Kopfstütze	Verstell-elemente	Allgemeines
1	Stand-sicher-heit	Material				Handhabung	Lebensdauer
2	Rollen oder Gleiter	Masse (Höhe, Breite) fest, verstellbar				Zugänglich-keit	Preis
3	Fußstütze Masse, Ver- stellbarkeit	Form und Profil				Kraftauf- wand	optische Gefälligkeit
4	Selbsten- hemmung der Rollen bei Gefahr	Polsterung, Federung, Druckverhalten				Bewegungs- richtung	
5	Trittfester Belag auf dem Gestell	Bezugstoffe, Verschleiss, Gleitverhalten, Reinigung				Anordnung	
6		Höhenverstellung					
7		Mikroklima					
8		Neigungsverstellung				seitliche Neigungsver- stellung	
9			Lenden- stütze	Klapp- möglichkeit			
10				Steifigkeit			

Tab.2: Gestaltungskriterien für Sitzmöbel

1.41 Technische Gestaltungskriterien

In DIN 4551 und 4552 sind wesentliche Forderungen für (Büro)-Drehstühle mit und ohne Verstellbarkeit der Rückenlehne, in DIN 68876 für Hausarbeitsdrehstühle sowie in DIN 68970 für Stühle und Tische für den allgemeinen Unterricht angegeben, wobei bereits auf die ungenügende Mindesthöhe der Rückenlehne nach DIN 4551 hingewiesen wurde. Für die weiteren Einsatzbereiche von Sitzgelegenheiten fehlen verbindliche Gestaltungsvorschriften. Für alle Haupt- und Zusatzmaterialien ist eine technische und soweit sinnvoll beziehungsweise erforderlich auch eine medizinische Materialprüfung (Keimvermehrung auf Polsterungen; Mikroklima) vorzunehmen.

1.42 Physiologische Gestaltungskriterien

Bei der Konzeption von Sitzgelegenheiten ist eine Ausrichtung an den Bedürfnissen des Be-Sitzers oberstes Gebot. Dazu zählen:

- * Berücksichtigung der Körperlängenmaße (DIN 33402, GEIGY-Tabellen 1968, KELLER 1981, Lewin 1969, O'HARA 1962, OXFORD 1969, PETERS 1969, 1970, 1973)
- * Berücksichtigung der Körperformen im Sitzbereich (Rücken: Quer- und Längsprofile; Gesäßmaße; Oberschenkelmaße unbelastet und durch das Eigengewicht belastet auf verschieden harter Auflagefläche)
- * Reduzierung unnötiger Haltearbeit und Herabsetzung der mittels Elektromyographie nachprüfbaren Muskelpotentiale in allen Extremitäten, Rumpf und Nacken,
- * Reduzierung des Drucks in den Zwischenwirbelscheiben,
- * Abbau von unangenehmen Druckspitzen an den tubera ischiadica (DIEBSCHLAG et al., JÜRGENS et al. 1968, 1975, 1977),
- * Prüfung der im Sitz- und Lehnenaufbau verwendeten Materialkombinationen auf ausreichenden und genügend schnellen Wärme- und Hautfeuchteabtransport.

1.5 Notwendigkeit weiterer arbeitsphysiologischer Sitzmöbel-Verbesserungen anhand anthropometrischer u.a. Meßdaten

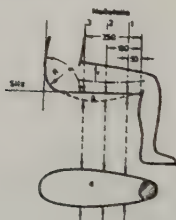
Bei der Gestaltung von Sitzgelegenheiten sind also primär Körperlängenmaße und -radien des sitzenden Menschen, dessen tätigkeitsbedingter Greif- und Bewegungsraum sowie die Arbeitshaltung maßgebend. Für die Formgebung eines Sitzes sind die Rücken-, Gesäß- und Oberschenkelkonturen wichtiger als die durch Röntgenaufnahmen erzielbaren Aussagen über die Skelettförm, die aufgrund aufliegender Fett- und Muskelmassen nicht mit der äußeren Linienführung übereinstimmt.

Wie im Kapitel 1.42 ausgeführt, gibt die DIN 33402 für unbedeckte Zwanzigjährige einige wichtige Längen, jedoch keine Maße gekrümmter Körperflächen an. Für die Formgebung sowie Materialauswahl eines jeden Sitzes sind solche Maße jedoch unentbehrlich. In Tabelle 3 werden die von DIEBSCHLAG et al. (1978) ermittelten Körperlängenmaße, denen der DIN 33402 gegenübergestellt und im wesentlichen Datengleichheit bescheinigt, wodurch das untersuchte Kollektiv als repräsentativ ausgewiesen wird. Deshalb sind die weiteren ermittelten Krümmungsmaße im Rücken- (Abb.13-16), Gesäß- und Oberschenkelbereich (Tab.4) ebenfalls als allgemeingültig anzusehen und auch heute noch als Grundlage für Sitzgestaltungen zu verwenden.

	Messwerte				nach DIN 33 402	
	91 Vpn (52 m, 39 f)				m	f
	m	f	m	f		
Körpergewicht [N]	683,4 ± 121,6	751,7 ± 107,8	614,9 ± 93,8		5. 50. Perzentil 95.	
Körpergröße [cm]	171,8 ± 11,1	178,1 ± 6,5	165,3 ± 6,0		165,2 175,2 186,7	156,7 166,0 175,4
Schulterhöhe im Sitzen [cm]	59,9 ± 3,4	61,2 ± 2,7	58,6 ± 3,2		58,7 62,8 67,1	53,7 56,2 61,0
Kniehöhe [cm]	53,3 ± 3,0	54,9 ± 2,8	51,6 ± 2,3		51,1 54,8 58,0	nicht ermittelt
Länge des Unterschenkels mit Fuß [cm]	42,7 ± 2,0	43,5 ± 2,0	41,9 ± 1,3		40,1 44,1 48,4	36,1 40,1 44,0
Sitzflächenhöhe [cm]	41,4 ± 2,0	42,3 ± 1,6	40,5 ± 1,6		nicht ermittelt	
Sitztiefe [cm]	47,8 ± 4,2	49,3 ± 4,2	46,3 ± 3,8		45,6 49,2 53,8	43,4 47,3 52,6
Gesäß - Knielänge [cm]	50,9 ± 4,1	60,3 ± 3,3	57,5 ± 4,5		55,6 59,9 64,5	53,4 57,5 63,2
Oberschenkelhöhe im Sitzen [cm]	15,9 ± 2,6	16,3 ± 1,7	15,5 ± 2,2		12,3 14,1 16,4	11,7 16,3 19,4
Sitzbreite [cm]	37,2 ± 5,4	36,8 ± 2,5	37,7 ± 3,7		31,2 34,5 38,7	31,8 35,2 41,8
Abstand re/li ang.inf. scap. über Sitz (U.S.) [cm]	22,1 ± 3,3	23,4 ± 2,3	20,8 ± 3,2			
Höhe ang.inf.scap. (U.S.) [cm]	46,1 ± 3,4	46,6 ± 3,3	45,6 ± 2,9		nicht	
Höhe 7. HW (U.S.) [cm]	63,7 ± 3,3	65,0 ± 3,0	62,3 ± 2,8			
Höhe 6. HW (U.S.) [cm]	48,3 ± 3,5	49,3 ± 3,6	47,3 ± 2,8			
Höhe 8. HW (U.S.) [cm]	42,5 ± 3,5	43,0 ± 3,6	41,9 ± 3,4		ermittelt	
Höhe Beckenkamm (U.S.) [cm]	21,8 ± 1,9	22,2 ± 2,1	21,3 ± 1,6			

Tab.3: Körperlängenmaße ± Standardabweichung im Vergleich zu Maßangaben nach DIN 33402.

		M E S S U N G			
		(Gesäß- und Oberschenkelmaße)			
		16 Vpn (10 m, 6 g)			
		$\sigma^2 = \bar{q}$	$\sigma^2 = \bar{q}$	$\sigma^2 = \bar{q}$	$\bar{q}$
Oberschenkelradius z (cm)	M.st. 1	6,7	6,8	6,6	
		$\pm 0,4$	$\pm 0,4$	$\pm 0,3$	
	M.st. 2	80,0	80,0	80,0	
		$\pm 0,4$	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$	
	M.st. 3	86,0	86,0	85,0	
		$\pm 0,4$	$\pm 0,4$	$\pm 0,3$	
Weite der auf der Sitzfläche auflie- genden Oberschenkel- rückseite (d) (cm)	M.st. 1	12,1	11,9	12,3	
		$\pm 0,9$	$\pm 0,9$	$\pm 0,8$	
	M.st. 2	13,6	12,9	14,3	
		$\pm 1,5$	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$	
	M.st. 3	14,7	13,9	15,5	
		$\pm 1,3$	$\pm 0,9$	$\pm 0,7$	
Perimet. für Ober- schenkelumfang- maß (u) (cm)	M.st. 1	0,7	0,8	0,6	
		$\pm 0,3$	$\pm 0,3$	$\pm 0,2$	
	M.st. 2	3,0	2,7	3,4	
		$\pm 0,4$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	
	M.st. 3	3,8	4,0	3,5	
		$\pm 0,7$	$\pm 0,6$	$\pm 0,7$	
Gesäßbreite (B) - gemessen über Sitzkantenhöhe (cm)		6,1	5,7	6,6	
		$\pm 1,1$	$\pm 0,6$	$\pm 0,9$	
Abstand zwischen Gesäßmitt- elpunkt und Sitzkante (a)		101	103	98	
		± 5	± 6	± 5	



Tab.4: Zugehörige Oberschenkel- und Gesäßmaße $\pm$ Standardabweichung.



Abb.13: Meßgerät von DIEBSCHLAG zur Aufnahme von Flächenprofilen (: Rückenlängs- und Rückenquerprofilen).

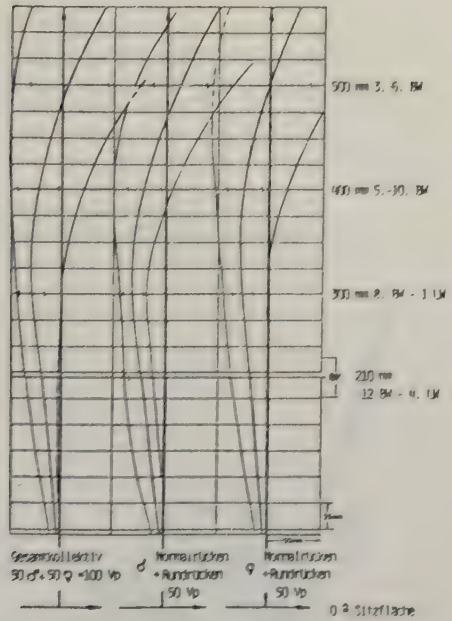


Abb.14: Legende vgl. Abb.16

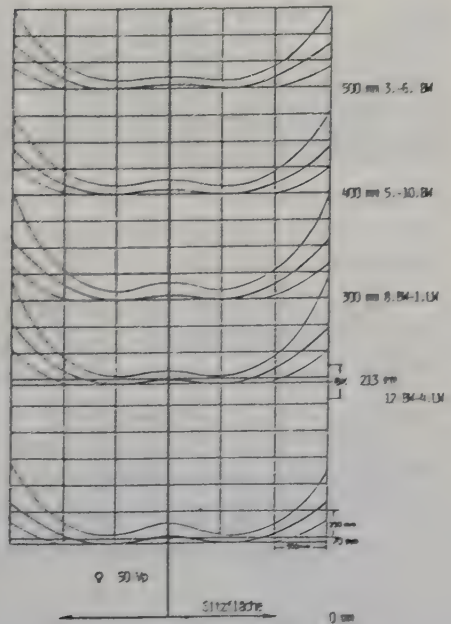


Abb.15: Legende vgl. Abb.16

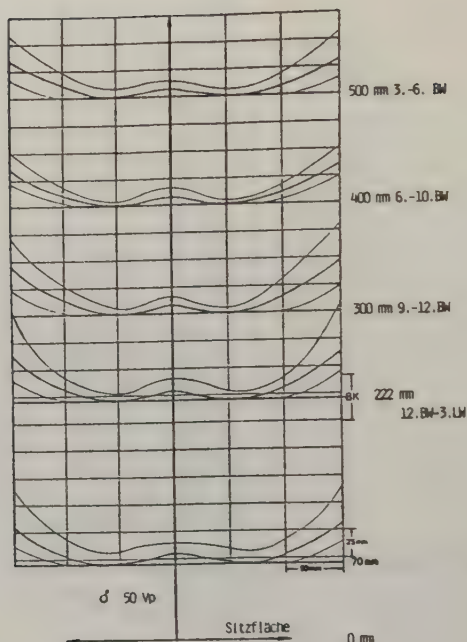


Abb.14-16: Rückenlängs- und Rückenquerprofile (mit Standardabweichung und Variationsweite) bei mittlerer Sitzhaltung. Längsprofile vom Dornfortsatz des 7.Halswirbels bis ca. 70 mm über der Sitzfläche.

Vorstehend bezeichnete und weitere anatomische Maße müssen also - zumindest für Mitteleuropäer - als Grundlage einer Sitz- und Lehnenformgebung (Sitzgeometrie) gelten. Polsterbeurteilungen auf der Basis von Kraft- und Druckverteilungs- sowie Mikroklimamessungen zwischen Mensch und Sitz vervollständigen die Aussage über die arbeitsphysiologische Qualität eines Arbeitsstuhles.

Die Mehrzahl der in- und ausländischen, zum Kauf angebotenen Arbeits-, Auto- und Fahrgastsitze (Bahn, Flugzeug) entspricht trotz allen arbeitsmedizinischen und technischen Fortschritts auch heute noch nicht in ausreichendem Maße den

anatomisch-physiologischen Forderungen. Produktuntersuchungen sind deshalb eine bedeutsame Aufgabe, um im Detail Schwachstellen aufzuzeigen und arbeitsphysiologische Verbesserungsvorschläge zu unterbreiten.

2. LABOR-EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN AM BÜRODREHSTUHL DER FA. P.



Abb.17-18: Untersuchungsobjekt in Vorder- und Seitenansicht.

2.1 Sitzgeometrie

Die wesentlichen konstruktiven Merkmale des zu untersuchenden Stuhles sind mit der nachfolgend verwendeten Nomenklatur in Abbildung 19 zusammengestellt. Wesentlich sind Sitz- und Lehnentangente mit den entsprechenden Winkeln α (Sitzflächenneigungswinkel) bzw. β (Lehnenneigungswinkel) und $\delta = \beta + 90^\circ - \alpha$ (Sitz-/Lehnen-Öffnungswinkel). Der Schnittpunkt beider Flächentangenten (Sitz-/Lehnen-Fixpunkt) wird als Normbezugspunkt bei den nachfolgenden Bemaßungen verwendet.

Die Bezeichnungen der Gelenke und der zugehörigen Verstellwinkel sind in Tabelle 5 zusammengestellt.

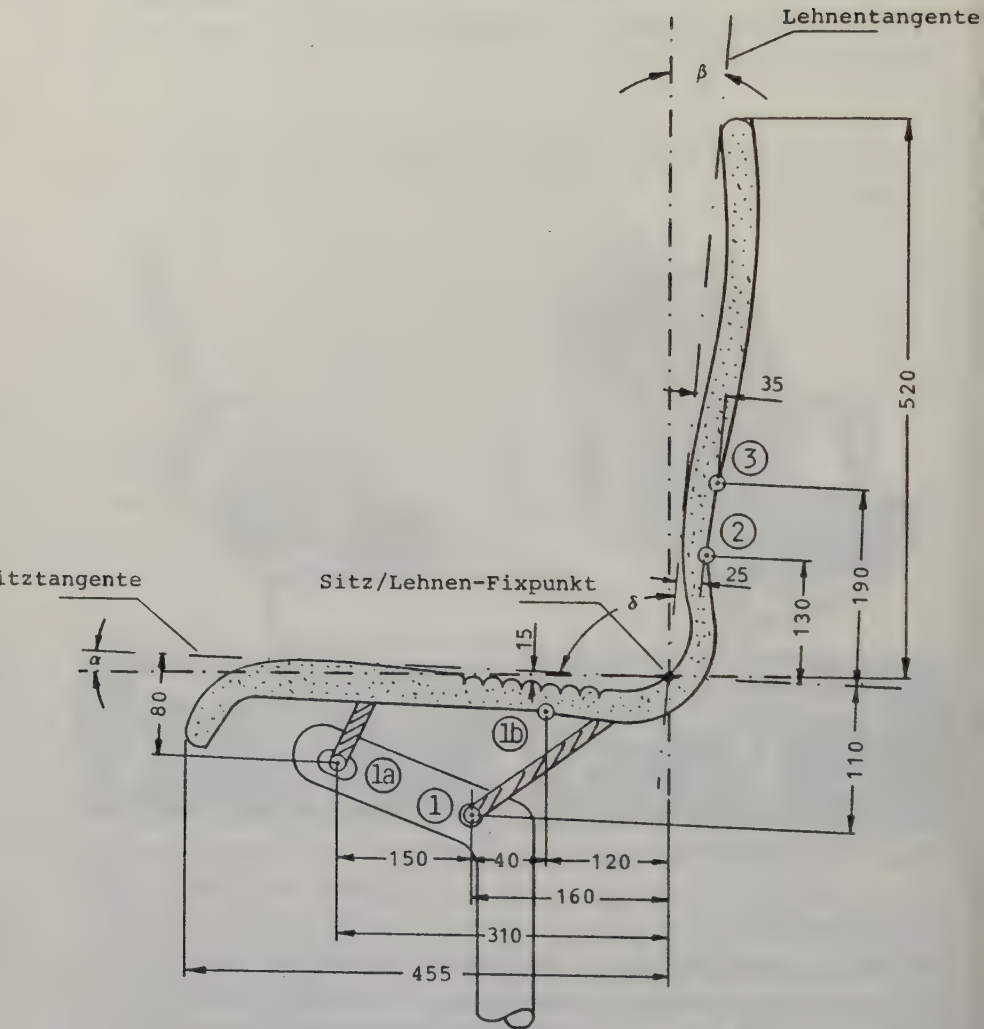


Abb.19a: Legende vgl. Abb.19b

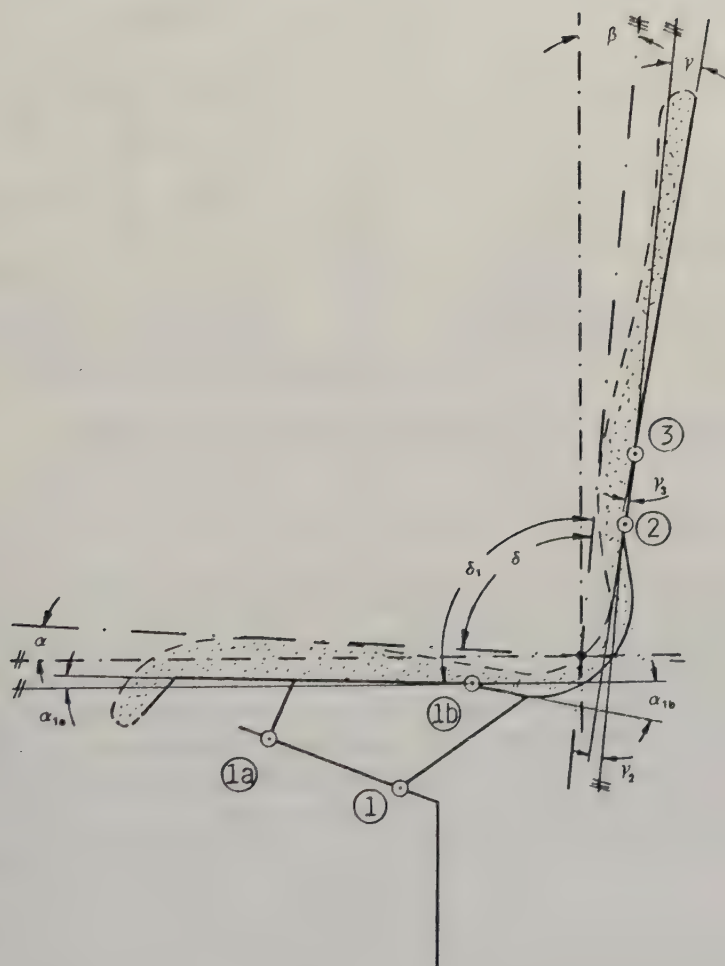
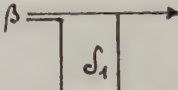
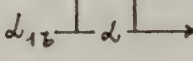
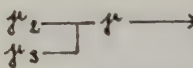


Abb. 19a,b: Stuhlfunktionsmechanik mit Gelenkslagen und Winkelansatzpunkten.

Kommentar	Gelenk- bezeichnung	Winkel- bezeichnung	Kommentar
Lehnendrehachse	1		Lehnentangen- tenneigungs- winkel
Sitzdrehachse	1a		Sitz-/Lehnen- Öffnungswinkel
Sitz-/Lehnengelenk	1b		Sitztangenten- neigungswinkel
unteres Lehnengelenk	2		Becken-/Rumpf- Öffnungswinkel
oberes Lehnengelenk	3		

Tab.5: Gelenke und zugehörige Winkelbezeichnungen.

2.11 Maßzahlen

Maßgrößen und -bereiche sind teilweise bereits in den DIN-Blättern 4551 bis 4553 aufgeführt. Für die Beurteilung des Stuhles wurde ein darüberhinausgehender Maßkatalog zugrundegelegt, der aufbauend auf den o.g. DIN-Blättern weitergehende Bemaßungsrichtlinien ausweist (GRANDJEAN et al. 1980). In Tabelle 6 sind die Empfehlungsmaße und die ermittelten Stuhlmaße zusammengestellt (vgl. Abb.20).

Die mit "*" gekennzeichneten Maße sind nachfolgend diskutiert.

Ber. Maße des untersuchten Stuhles		Empfehlungsmaße	
1		520	480-550
2		-	400-450
3	belastet mit 600 N:	205	180-220
	unbelastet:	185	70- 90
4		-	
5		30	10- 50
6		440	430-460
7		125	110-160
8		15	0- 10
9		80-100	40- 50
10		185	120-160
11		135	200-240
12	effektiv:	38	50- 90
	gesamt :	50	
13	belastet mit 600 N:	460-565	
	unbelastet:	470-585	
14		480	420-460
15		480	380-440
16		-	120-150
17		500	300-500
18		285	215

Tab.6: Anforderungsbereiche und Istwerte der Empfehlungsmaße.

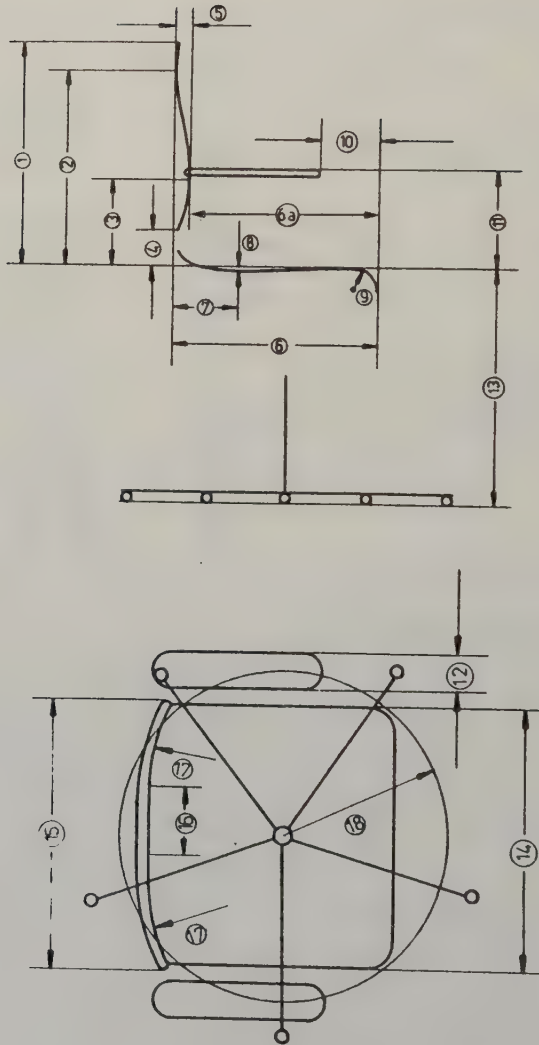


Abb.20: Maße und Konstruktionsmerkmale von Bürostühlen (DIEBSCHLAG et al. 1983).

Abmessungen:

1. Rückenlehnenhöhe*)
Senkrechter Abstand der Oberkante der Rückenlehne von der Sitzfläche
2. Berührungspunkt einer senkrechten Tangente (Lehnentangente) mit dem konkav gestalteten oberen Teil der Rückenlehne*)
3. Höhe der größten Vorwölbung des Lendenbausches über der Sitzfläche*)
4. Abstand Sitzfläche - Lehnenunterkante*)
5. Lendenbauschtiefe
Wird für dieses Maß keine Verstellung vorgesehen, so sollten dafür 25-40 mm angesetzt werden
6. Sitztiefe
Waagrechtter Abstand zwischen Vorderkante des Sitzes und senkrechter Lehnentangente. Zusammen mit Maß 5 soll sich eine Sitztiefe von 380-440 mm entsprechend DIN 4551 und DIN 4552 ergeben
7. Auflagebereich der Sitzbeinhöcker
8. Absenkung der Sitzfläche im Bereich der Sitzbeinhöcker.
Wird eine Polsterung mit einer Stärke von 30-40 mm vorgesehen, so kann auf eine Absenkung verzichtet werden
9. Abrundung der Sitzvorderkante
10. Waagrechtter Abstand Vorderkante Sitz - Beginn der Armlehne
11. Höhe der Armlehnen über Sitzfläche
12. Auflagebreite der Armlehne
13. Sitzhöhe*)
14. Breite der Sitzfläche
15. Rückenlehnenbreite
Gemessen in Höhe des Lendenbausches; oberhalb des Lendenbausches kann die Lehne auch schmaler gestaltet werden (280-350 mm), wenn eine besondere Beweglichkeit der Arme von der Tätigkeit her erforderlich ist
16. Lehnenquerprofilmaß
Das Querprofil der Rückenlehne soll etwa im mittleren Drittel (in allen horizontalen Ebenen) gerade sein und zu den Seiten hin tangential in Krümmungen mit dem Radienmaß 17 übergehen

17. Radienmaß der Rückenquerprofile

18. Radius des Kreises, den die Verbindungslinien der Abstützpunkte tangieren. Bei Verwendung von Rollen ist von der ungünstigsten Rollenstellung auszugehen
Der Durchmesser des Abstützkreises muß mindestens dem größeren der beiden Sitzflächenwerte (Breite, Tiefe) entsprechen.

*) Alle Maße, die sich auf die Sitzfläche beziehen, sind zu messen auf einer Polsterung, die mit einem Gewicht von 600 N in Form einer Halbkugel mit dem Durchmesser von 350 mm belastet ist (Abb.21, 22).

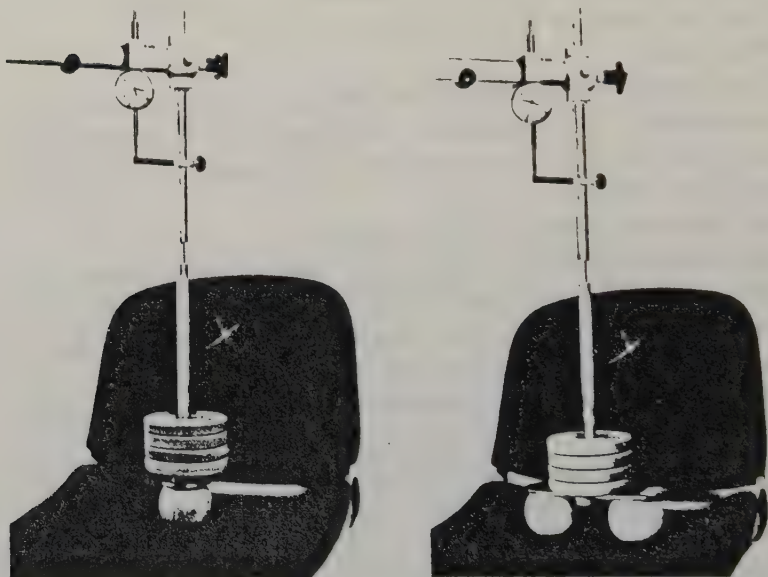


Abb.21-22: Sitzflächenpolsterung mit 600 N belastet über 1 Halbkugel, bzw. 2 Halbkugeln entsprechend der Sitzbeinhöckerauflage.

Die Vermaßung des Stuhles erfolgte bei horizontaler Sitzflächenstellung ($\alpha = 0^\circ$ entspr. Raste 2) und Lehnenarretierung in vorderster Stellung ($\beta = 4^\circ$), jeweils bezogen auf den Sitz-/Lehnen-Fixpunkt.

Nur die Maßzahlen 1-7 und 16-18 entsprechen den arbeits-physiologischen Anforderungswerten; die übrigen Maße werden nachfolgend diskutiert.

- Maß 8 (Absenkung im Sitzbeinbereich):

Das ermittelte Maß des Stuhles beträgt 15 mm. Entsprechend den Ausführungen in Kap. 2.32 (Polsterempfehlungen) sollten 10 mm nicht überschritten werden, da in diesem Bereich ohnehin eine höhere Einsinktiefte auftritt.

- Maß 9 (Radius der Sitzvorderkante):

Die Ausführung des Stuhles mit angeschrägter Sitzvorderkante und wirksamem Rundungsradius von 80-100 mm bewirkt bspw. beim Anwinkeln der Unterschenkel einen erhöhten Druck auf die Wadenmuskulatur. Das Empfehlungsmaß von max. 50 mm sollte nicht überschritten werden.

- Maße 10, 11 und 12 (Armlehnen):

Hier wird auf die Ausführungen in Kap.2.13 verwiesen.

- Maß 13 (Sitzhöhe):

Der obere Verstellwert (565-585 mm) kann belassen werden, der Minimalwert (460-470 mm) erscheint zu hoch, da nach Untersuchungen von DIEBSCHLAG et al. (1978) und den GEIGY-Tabellen die Unterschenkellänge mit Fuß im Bereich der 5. Perzentile Frau bis 50. Perzentile Mann bei 360 bis 440 mm liegt, mit normalem Schuhwerk also nicht vom derzeitigen Verstellbereich abgedeckt wird.

- Maße 14 und 15 (Sitz- und Lehnenbreite):

Obwohl beide Maße etwa den Empfehlungs-Maximalwerten entsprechen, können sie gerade noch belassen werden. Gegebenenfalls kann das Übermaß zur stärkeren Anformung in Lehnen- und Sitzflächen-Querprofil genutzt werden.

2.12 Drehpunkte und Verstellwinkel

In Abbildung 23 und Tabelle 7 sind die Empfehlungen für Drehachsenlagen und Winkelverstellbereiche zusammengefaßt.

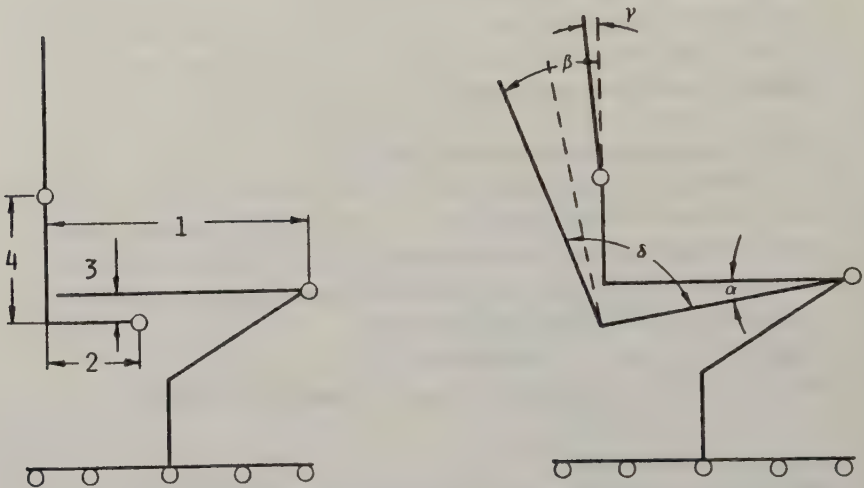


Abb.23: Empfohlene Drehachsenlagen und Verstellwinkel von Bürostühlen (DIEBSCHLAG et al., 1983).

Maßzahl	Maß (mm)
1	400-440
2	130-180
3	40- 60
4	180-220

Winkel	(Grad)
α	-2° bis 10°
β	bis 30°
γ	0° bis 8°
δ	bis 110°

Tab.7: Wertebereiche der Verstellwinkel.

- 1 Abstand Drehachse der Sitzfläche - Lehnentangente.
Die Drehachse der Sitzfläche muß im Bereich der Sitzflächenvorderkante liegen.
 - 2 Abstand Lehnendrehachse - Lehnentangente
 - 3 Abstand Lehnendrehachse - Sitzfläche
 - 4 Abstand Drehpunkt des oberen Lehnenteils - Sitzfläche.
Es ist auch möglich, diesen Bereich der Lehne aus flexiblem Material zu gestalten.
- α Sitzflächenneigungswinkel:
Der von diesem Winkel überstrichene Bereich soll 10°-12° betragen. Für die vordere Sitzhaltung ist dabei eine Vorneigung von ca. -2° gegen die Horizontale empfehlenswert.
- β Lehnenneigungswinkel gegen Vertikale:
In der vorderen Sitzeinstellung ($\alpha = -2^\circ$, Vorneigung der Sitzfläche) beträgt dieser Winkel 0°.
Das Synchronisationsverhältnis zwischen $\Delta\beta$ und $\Delta\alpha$ soll im Bereich von 2 : 1 bis 3 : 1 liegen.
- γ Rumpf-/Beckenwinkel:
Der Maximalwert von 8 - 10° soll aus physiologischer Sicht nicht überschritten werden.
- δ Sitz-/Lehnenöffnungswinkel:
Für eine entspannte Sitzruhehaltung sollte ein δ-Winkel von etwa 105° ermöglicht sein. Ein größerer Winkelausschlag ist zulässig, darf aber die Kippsicherheit des Stuhles nicht gefährden.

Der untersuchte Stuhl weist mehrere Drehachsen und Gelenke auf, die in unterschiedlichem Zusammenwirken die Verstellung von Sitz- und Lehnfläche bewirken (vgl. Abb. 19).

Sitzflächenneigung α

Die Grundeinstellung erfolgt in Gelenk 1 über 4 Rasterstufen, wobei α im Bereich -3 ... +6° liegt. Die Position des Drehpunkts 1 nahe der Stützsäule bewirkt bei Verstellung eine

nicht unbedeutende Höhenveränderung im Bereich der Sitzvorderkante (vgl. Kap.2.2) die eine Nachjustierung der Sitzhöhe unumgänglich macht.

Die "Negativneigung" der Sitzfläche von etwa -2° ist vor allem bei vorderer Schreibtischttätigkeit überaus begrüßenswert; der entsprechende Lehnwinkel β soll hierbei etwa 0° betragen, der Becken-/Rumpfwinkel γ etwa 0° (im vorliegenden Fall $\gamma = 3^\circ$, nicht fixierbar!).

Bei Synchronverstellung wird die Neigung der Sitzflächentangente durch Rotation im Gelenk 1, Rotation und Translation im Gelenk 1a und Winkeländerung im Gelenk 1b realisiert (vgl. Abb.19). Für die Rasterstellung 1 und 4 (α -Grundeinstellung: -3° bzw. $+6^\circ$) sind die entsprechenden Verstellwinkel in Tabelle 8 angegeben.

Raste	α ($^\circ$)	$\Delta\alpha$ ($^\circ$)	α_{1b} ($^\circ$)	$\Delta\alpha_{1b}$ ($^\circ$)
1	$-3 \dots +3$	6	$0 \dots 16$	16
4	$+6 \dots +12$	6	$8 \dots 25$	16

Tab.8: Synchronverstellbereich von Sitzflächenwinkel α und Gelenkwinkel α_{1b} bei Grundeinstellung in Raste 1 ($\alpha = -3^\circ$) bzw. Raste 4 ($\alpha = 6^\circ$).

Scheinbar neigt sich also die Sitzfläche bei Synchronbewegung jeweils um $\Delta\alpha = 6^\circ$ aus der Ruheposition. Bei der mechanischen Kombinatorik des Stuhles entspricht die gesamte Sitztangentialneigung nicht der effektiven Sitzflächenneigung, da die zusätzliche Winkelverstellung im Gelenk 1b zwar die Sitztangente, nicht aber die wirksame Sitzfläche in der Neigung beeinflußt. Es wird lediglich die Rückrotation des Beckens unterstützt.

Die Ermittlung der effektiven Sitzflächensynchronneigung ($\Delta\alpha_{1a}$) wurde bei Raste 4 ($\alpha = 6^\circ$) und Synchronwinkel $\Delta\alpha = 6^\circ$ (vgl. Abb.24) mathematisch angenähert.

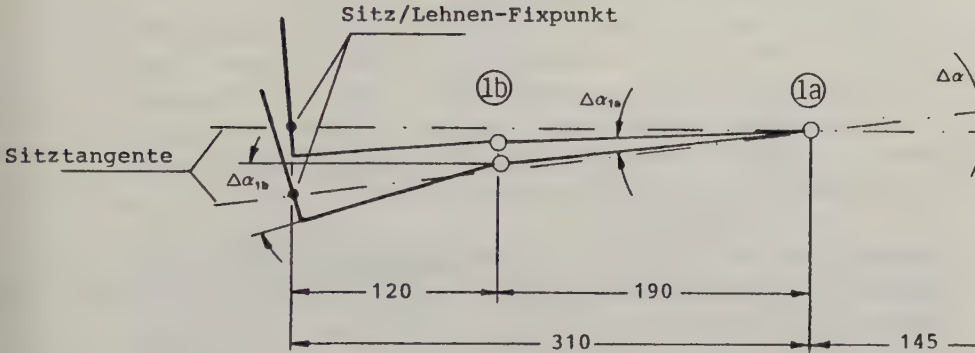


Abb.24: Bewegungsskizze zur Sitzflächensynchronneigung mit Sitztangentialwinkel $\Delta\alpha$, Gelenkwinkel $\Delta\alpha_{1b}$ und wirk-samer Sitzflächenneigung $\Delta\alpha_{1a}$.

Für die Absenkungsberechnung des Sitz-/Lehnen-Fixpunktes wird näherungsweise die Bogenlänge $b = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot \varphi / 360^\circ$ verwendet. Daraus ergibt sich:

$$\text{Sitztangente : } \Delta\alpha = 6^\circ \quad \longrightarrow \quad b_1 = 32,4 \text{ mm}$$

$$\text{Gelenk 1 / 1b: } \Delta\alpha_{1b} = 16^\circ \longrightarrow \Delta(\alpha_{1b} - \alpha) = 10^\circ \longrightarrow \underline{b_2 = 20,9 \text{ mm}}$$

$$\underline{\Delta\alpha_{1a} = 2,1^\circ} \quad \longleftarrow \quad \Delta b = 11,5 \text{ mm}$$

Die effektive Sitzflächensynchronneigung α_{1a} beträgt also bei Raste 4 ($\alpha = 6^\circ$) und hinterster Synchronposition lediglich $\alpha_{1a} = \alpha + \Delta\alpha_{1a} = 8,1^\circ$.

Die auftretende Höhenänderung der Sitzvorderkante bei Synchronbewegung vorderster ($\alpha_{1a} = \alpha = 6^\circ$) zu hinterster Stellung ($\alpha_{1a} = \alpha + \Delta\alpha_{1a} = 8,1^\circ$) beträgt 5,3 mm.

Diese wird jedoch durch die Translation im Gelenk 1a (etwa 2,5 mm) auf einen tolerierbaren Wert von weniger als 3 mm reduziert (Schrägschlitz bei Gelenk 1a / vgl. Abb.19).

Rückenlehnenneigung β / Rumpf-/Beckenwinkel μ

Die Verstellmechanik des Stuhls sieht eine Arretierung der Synchronmechanik vor. Hierbei werden die Drehgelenke 1 und 1a und folglich auch 1b fixiert. Eine zusätzliche Neigungsverstellung der Lehnentangente ist dann in sehr geringem Umfang im Gelenk 2 möglich, eine μ -Änderung durch Bewegungsüberlagerung in den Gelenken 2 und 3.

Bedeutsamer sind die β - und μ -Änderungen bei Synchronverstellung (bezogen auf Rasterstellung 4: $\alpha = 6^\circ$, $\beta = 10^\circ$). Die Drehpunkt- und Gelenkpositionen von 1, 1b, 2 und 3 liegen in den empfohlenen Bereichen (vgl. Abb.23 und Tab.7). Lediglich die Höhenlage von 1 ist zu niedrig, woraus sich eine Relativbewegung im Lendenlordosenbereich (etwa 1 cm) bei Lehnerrückneigung erklärt (vgl. Abb.25).

Die Gelenkwinkelbereiche bei Synchronneigungsverstellung sind in Tabelle 9 zusammengestellt (Spalte Σ : gemessene absolute Summenwinkeländerung; Spalte Δ : resultierender relativer Verstellwinkel) die resultierenden Winkel in Tabelle 10.

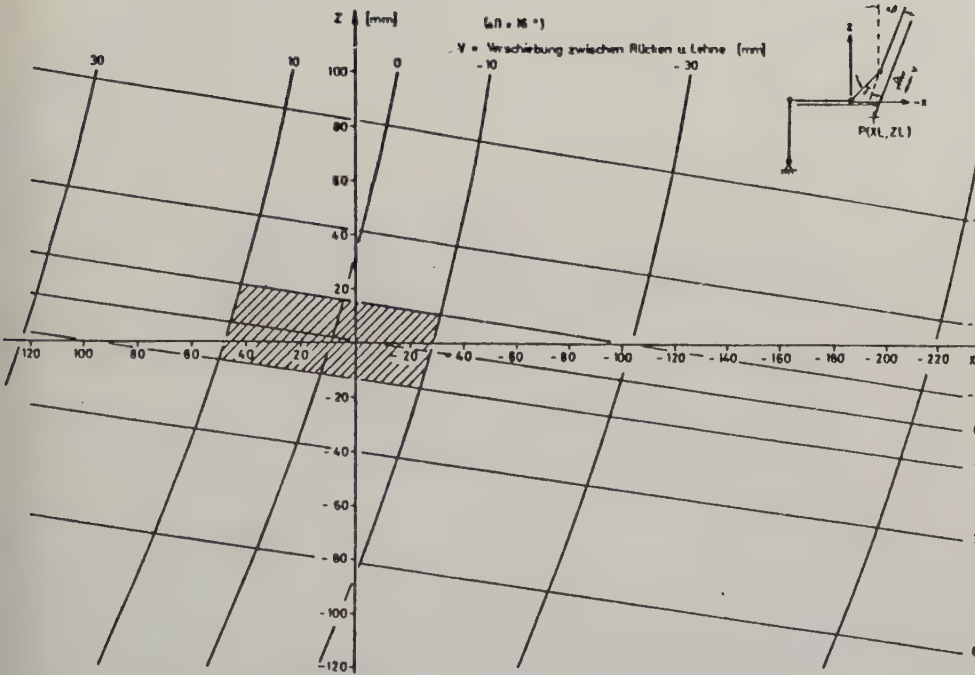


Abb.25: Relativbewegung v zwischen Rücken und Lehne und Änderung des Rumpf-/Beckenwinkels α für verschiedene Lehnenanlenkpunkte ($x, z = 0$: Sitzbeinauflagepunkt!).

Ausgangslage	Raste 4 / $\alpha = 6^\circ$ / $\beta = 10^\circ$	
Gelenk	Σ	Δ
1b	16°	10°
2	20°	4°
3	45°	25°

Tab.9: Absolute (Spalte Σ) und relative (Spalte Δ) Synchronwinkelbereiche der Gelenke 1b, 2 und 3 bei maximaler Rückneigung aus der Grundposition bei Raste 4 ($\alpha = 6^\circ$, $\beta = 10^\circ$).

	α	β	δ	α_{1a}	δ_1
Ausgangslage	6°	10°	94°	6°	94°
max.Verstell- position	12°	20°	98°	8°	102°

Tab.10: Resultierende Winkelbereiche bei maximaler Synchronrückneigung aus der Grundposition bei Raste 4 ($\alpha = 6^\circ$, $\beta = 10^\circ$) (Sitztangentenneigung α , effektive Sitzflächenneigung α_{1a} , Lehnentangentenneigung β , Sitz-/Lehnenwinkel δ , effektiver Sitz-/Lehnenwinkel δ_1).

Es wird darauf hingewiesen, daß die Lehnenneigungsverstellung β auf die Lehnentangente bezogen ist (bestimmt durch Sitz-/Lehnen-Fixpunkt und Lendenbausch) und folglich nur durch die Gelenkbewegungen in 1 und 1b verändert wird. Die zusätzliche Rückneigung des oberen Lehnenteils in 2 und v.a. in 3 trägt lediglich zur Vergrößerung des Becken-/Rumpfwinkels μ bei.

Der relativ geringe Sitz-/Lehnen-Öffnungswinkel δ und der große effektive δ_1 -Winkel ($= 102^\circ$, bezogen auf die effektive Sitzneigung α_{1a}) sollten erhöht werden. Der maximal wirksame Sitz-/Lehnen-Öffnungswinkel inklusive einem Becken-/Rumpfwinkel φ kann bis zu 120° betragen bei $\delta_{\max} = 110^\circ$ und $\varphi_{\max} = 10^\circ$.

Der Summenwinkel in 2 und 3 (Rumpf-/Beckenwinkel φ) sollte im Bereich $0 \dots 10^\circ$ liegen, folglich der Verstellwinkel in 3 ca. $5-6^\circ$ nicht überschreiten.

Die Synchronbewegung, d.h. kombinierte α - und β -Verstellung sollte für die relativen Winkeländerungen von vorderer zu hinterer Position ($\Delta\alpha$ bzw. $\Delta\beta$) ein Synchronverhältnis ($\Delta\beta/\Delta\alpha$) von $2 : 1$ bis $3 : 1$ realisieren. Beim untersuchten Stuhl liegt das Verhältnis $\Delta\alpha = 6^\circ$ zu $\Delta\beta = 10^\circ$ zwar im empfohlenen Bereich, bezogen auf die wirksame Sitzflächenneigung $\alpha_{1a} = 2,1^\circ$ beträgt das effektive Synchronverhältnis etwa $5 : 1$. Daraus resultieren merkbare Scherkräfte im Sitzflächenbereich durch die hohen Sitztangentialkräfte bei Lehnenrückneigung wegen zu geringer Sitzflächenneigung ($\alpha_{1a} = 2,1^\circ$).

2.13 Stütz- und Bedienteile

Armstützen

Die Armstützenhöhe des Stuhls (Maß 11 in Tab.6) liegt im empfohlenen Mindestbereich und darf aufgrund fehlender Höhenverstellung nicht über 200 mm erhöht werden. Die wirksame Breite der Auflagefläche (Maß 12 in Tab.6) ist zu gering und sollte den Richtwerten angepaßt werden. Die Armlehne sollte nach hinten zur Abstützung des Ellenbogens um ca. $10-20 \text{ mm}$ zur vollständigen Abstützung des Unterarmes kontinuierlich ansteigen (vgl. Abb.26). Generell sollte auf den Ruhewinkel zwischen Ober- und Unterarm ($95^\circ \dots 115^\circ$) bei der Armlehnenhöhe und -Hauptneigung und den Winkeln zwischen Unterarm und Hand ($105^\circ \dots 120^\circ$) bei der Armlehnenform und -anschrägung geachtet werden (DUPUIS 1981, SCHMIDTKE et al. 1980); vgl. Abb.27.



Abb.26: Unphysiologische Arm-
lehnenneigung

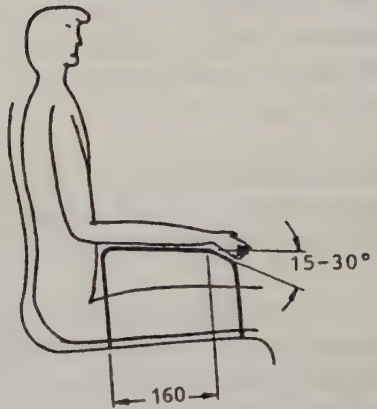


Abb.27: Armauflagenrichtwerte

Die Materialhärte im Auflagebereich sollte reduziert werden, die Griffigkeit ist ausreichend; ggf. kann eine leichte Anschrägung (nach innen abfallend) der Auflagefläche vorgesehen werden.

Bedienteile

In Abbildung 28 sind die Bedienteile des Stuhles angegeben und bezeichnet.

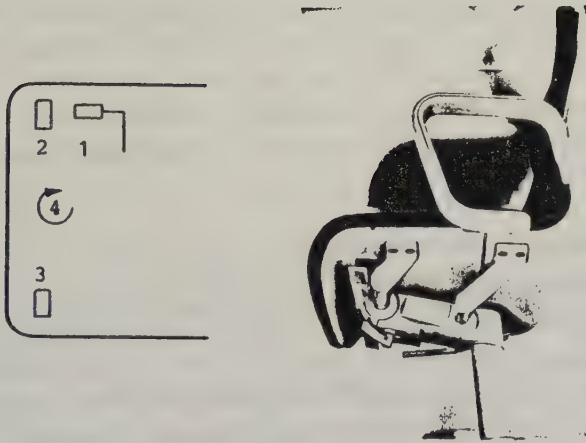


Abb.28a,b: Stellteile und Bedienelemente
1 -Sitzhöhenjustierung
2 -Sitzflächengrundeinstellung
3 -Synchronarretierung
4 -Synchronhärteeneinstellung

- Sitzhöhenjustierung 1:

Die Position kann belassen werden. Bei Bedienung behindern die Armstützenvorderkanten. Die Bedienkraft ist zu hoch ($> 40 \text{ N}$). Sie sollte maximal 20 N für Fingerbetätigung betragen (DUPUIS 1981, LANGE 1976). Zusätzlich wäre eine Riffelung senkrecht zur Fingerangreifrichtung wünschenswert.

- Sitzflächengrundeinstellung 2:

Die Position dieses Stellteils sollte um $10\text{-}15 \text{ mm}$ nach außen verlagert werden (Richtwert, Fingerlänge). Die Bedienkraft ist ebenfalls zu hoch und sollte auf maximal 20 N eingestellt werden. Die Riffelung muß um 90° verändert werden.

- Synchronarretierung 3:

Die Position sollte ebenfalls um denselben Betrag wie bei Bedienteil 2 nach außen verlagert werden. Der Leergang soll eliminiert, die Riffelung wie bei Bedienteil 2 um 90° gedreht werden.

- Synchronhärteeinstellung 4:

Die Anordnung soll, wenngleich die Bedienhäufigkeit gering ist, weiter nach vorne gebracht werden. Desweiteren ist die Drehkraft bei Härterstellung zu hoch. Sie sollte bei Fingerbetätigung 40-300 Ncm betragen. Günstiger wäre ein geriffeltes Drehrad für Einhandbetätigung mit maximal 70 Ncm Verstellmoment.

2.14 Kippsicherheit und Stabilität

Der vergleichsweise große Stützradius des 5-Sterns sorgt für eine ausreichende Kippsicherheit auch bei maximaler Rückneigung des oberen Lehnenteils (bis 45° aus der Vertikalen). Es wird darauf hingewiesen, daß sich nach den umfangreichen Versuchen eine bleibende Verformung im Gelenk 3 mit etwa 10° Rückneigung einstellte, die unbedingt unterbunden werden muß. Zusätzlich ließ die allgemeine Elastizität der Rückenlehnengelenke nach (Abb.29).



Abb.29: Linkes Lehnengelenk

Eine Stabilitätsprüfung der Stützsäule, die sich bei maximaler Rückneigung etwas verbiegt, ist aus sicherheitstechnischen Gründen anzuraten.

2.2 Druckmessungen

2.2.1 Maximaldruckmessungen

Zur Beurteilung der Polsterqualität und -formgebung wurden an dem zu untersuchenden Stuhl mit 4 Versuchspersonen (Vpn) (vgl. Tab.11) Maximaldruckmessungen an ausgewählten Meßstellen durchgeführt.

Vp	Größe (cm)	Gewicht (N)	Geschlecht
1	165	724	♀
2	187	905	♂
3	181	771	♂
4	172	738	♀

Tab.11: Versuchspersonendaten

Eine flexible, dünne Druckmeßmatte (5 x 5 cm) mit 4 x 4 Meßzellen wurde bei den Meßreihen unter Sitzbeinhöcker (Sb), Oberschenkel (Os), Beckenkamm (Bk) und Schulterblattspitze (Angulus inferior scapulae (Ai)) positioniert. Gemessen wurde in 3 Versuchsreihen (VSR):

- VSR 1: Raste 1 ($\alpha = -3^\circ$), Synchronarretierung ($\beta = 1^\circ$,
 $\mu \cong 3^\circ$)
- VSR 2: Raste 4 ($\alpha = 6^\circ$), Synchronarretierung ($\beta = 10^\circ$,
 $\mu \cong 10^\circ$)
- VSR 3: Raste 4 ($\alpha = 6^\circ$), Synchronbewegung ($\Delta\alpha = 6^\circ$,
 $\Delta\beta = 10^\circ$, $\mu \cong 20^\circ$)

Die Sitzhöhe wurde in den VSR 1-3 auf die jeweilige Vp anatomisch richtig eingestellt.

Die Ergebnisse der 3 Versuchsreihen sind in Tabelle 12 zusammengestellt.

Sitz- einstellung	Meß- stelle	Maximaldruck (N/cm ²)					
		Vpn 2	3	4	1	MW	SA
α : Raste 4 β : fixiert	Sb	3,7	3,4	3,8	3,4	3,57	0,20
	Os	0,5	0,7	0,7	0,8	0,67	0,12
	Bk	1,1	1,2	1,4	1,5	1,30	0,18
	Ai	0,5	0,6	0,5	0,6	0,55	0,06
α : Raste 4 β : synchron	Sb	2,3	2,5	1,7	1,9	2,10	0,36
	Os	0,6	0,7	0,8	0,9	0,75	0,13
	Bk	1,0	1,1	1,1	1,2	1,10	0,08
	Ai	1,1	1,1	1,9	1,6	1,42	0,39
α : Raste 1 β : fixiert	Sb	5,1	4,5	5,0	4,8	4,85	0,26
	Os	-	-	-	-	-	-

Tab.12: Maximaldrücke der Vpn in den Bereichen Sitzbein (Sb), Oberschenkel (Os), Beckenkamm (Bk) und Schulterblatt (Ai) bei den 3 VSR mit Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SA).

Bei VSR 1 sind sowohl die Drücke im Os- wie im Bk- und Ai-Bereich günstig unterhalb der Ansprechschwelle von etwa 0,25 N/cm² (25 mbar).

Im Os-Bereich begründet sich der niedrige Druck aus einer Absenkung der Sitzvorderkante bei α -Verkleinerung (vgl. Kap. 2.12), daraus resultierend ein Abheben der Oberschenkel. Parallel dazu erhöht sich der Druck im Sb-Bereich. Durch die steilgestellte Lehne wird die Kraftübertragung in Normalrichtung nahezu unterbunden; folglich liegen die Druckwerte im Bk- und Ai-Bereich allgemein sehr niedrig.

Die Meßwerte der VSR 2 zeigen vergleichsweise hohe Drücke im Sb-Bereich (zu harte und zu dünne Sitzpolsterung) und ebenfalls erhöhte Bk-Drücke (zu harte Lehnepolsterung).

Ein Vergleich der Ergebnisse von VSR 3 zu VSR 2 verdeutlicht Schwächen in der Synchronverstellmechanik:

- Reduzierung der Sb-Drücke durch die Beckenrückrotation
- Erhöhung der Os-Drücke durch Anhebung der Sitzvorderkante
- Reduzierung der Bk-Drücke durch diszentrische Lehnendrehung*)
- Erhöhung der Ai-Drücke durch überhöhte φ -Zunahme.

Eine t-Test-Signifikanzanalyse aus den Werten der VSR 2 und 3 (vgl. Tab.13) weist die aufgezeigten Veränderungen hochsignifikant aus.

Pm	VSR 2 ↔ VSR 3
Sb	+++
Os	-
Bk	++
Ai	--

Tab.13: Signifikanzniveaus der statistischen Prüfung mit den Bereichsmaximaldrücken der VSR 2 und VSR 3.

Hierbei bedeuten "+" bzw. "-", daß Mittelwert 1 signifikant höher bzw. niedriger als Mittelwert 2 ist, absicherbar mit 10% (1 Zeichen), 5% (2 Zeichen) oder 1% (3 Zeichen) Irrtumswahrscheinlichkeit.

2.22 Druckverteilungsmessungen

In denselben 3 Versuchsreihen wurden mit einer instituts-eigenen Kraft-/Druckmeßapparatur und großflächigen, flexiblen Matten (50 x 40 cm), vgl. Abb. 30, 31, mit 3 Vpn die Sitz- und Lehnen-Druckverteilungen (DV) registriert. Die Abbildungen 32-34 geben die Sitz-DV der VSR 1, die Abbildungen 35-37 diejenigen der VSR 2 und die Abbildungen 38-40 diejenigen der VSR 3 wieder. Man erkennt deutlich das Abheben der Oberschenkel und die Sb-Druckerhöhung bei VSR 1 (vgl. Abb. 32-34) im Vergleich zu VSR 2 (Abb. 35-37) und die Sb-Druckreduzierung bei Synchronrückneigung in VSR 3 (Abb. 38-40). Darüberhinaus zeigt sich in VSR 3 eine Belastungsintensivierung im Os-Bereich.

*) Anatomischer Rückendrehbereich und konstruktive Lehnendrehachse stimmen nicht genügend überein (vgl. Kap. 2.12).



Abb.30-31: Druckmeßmatten auf Sitz- und Lehnenfläche.

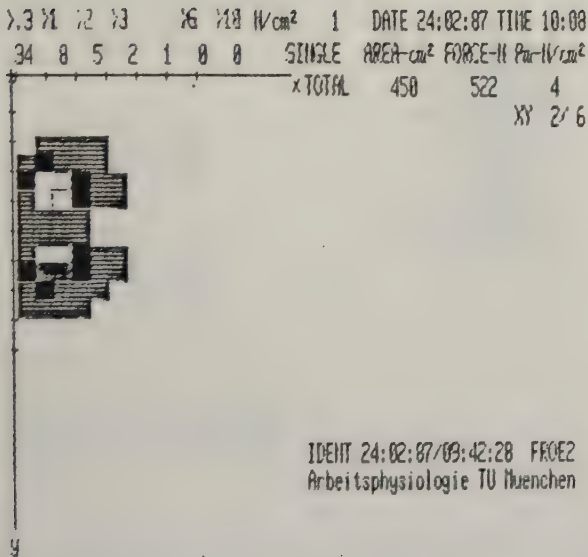


Abb.32: Sitzdruckverteilung von Vp 1 bei VSR 1 (ausgehend von einer Sitzeinstellung bei $\alpha = 6^\circ$ wird die Sitzneigung auf $\alpha = -3^\circ$ eingestellt, Synchronartierung $\beta = 1^\circ$).

gleichartige Legende für Abb. 32-46:

- * 7 farbige Druckstufen (N/cm²)
- * Single: gedrückte Meßfühler pro Druckstufe, Meßfühlerfläche $3 \times 3 = 9 \text{ cm}^2$
- * Area-cm²: Gesamt-belastete Sitz- bzw. Lehnenfläche
- * Force-N : Gesamtkraft auf Sitz- bzw. Lehnenfläche
- * P_m -N/cm²: Maximaldruck am Koordinatenpunkt XY

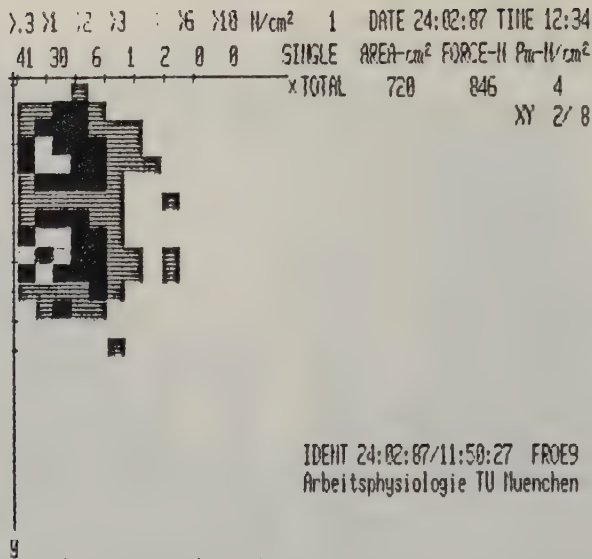


Abb.33: Sitzdruckverteilung von Vp 2 bei VSR 1 (ausgehend von einer Sitzeinstellung bei $\alpha = 6^\circ$ wird die Sitzneigung auf $\alpha = -3^\circ$ eingestellt, Synchronarretierung $\beta = 1^\circ$).

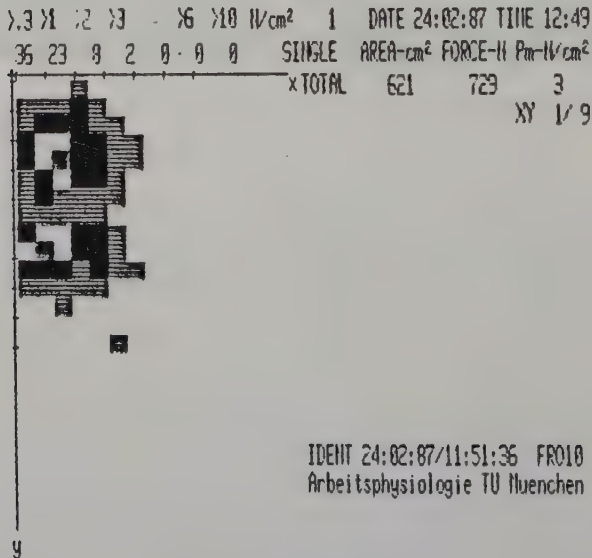


Abb.34: Sitzdruckverteilung von Vp 3 bei VSR 1 (ausgehend von einer Sitzeinstellung bei $\alpha = 6^\circ$ wird die Sitzneigung auf $\alpha = -3^\circ$ eingestellt, Synchronarretierung $\beta = 1^\circ$).

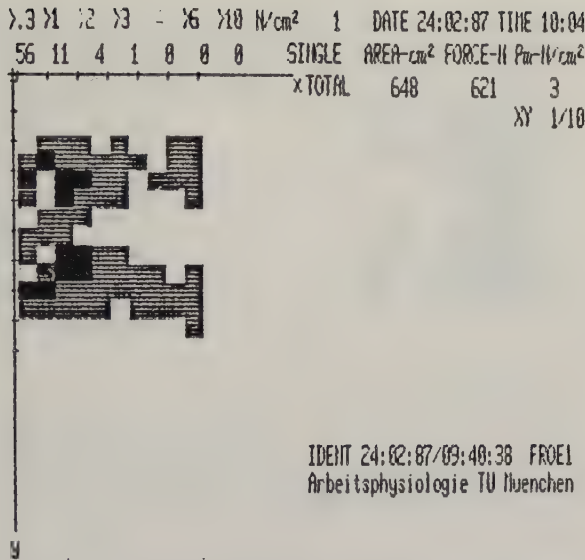


Abb.35: Sitzdruckverteilung von Vp 1 bei VSR 2 ($\alpha = 6^\circ$, Synchronarretierung $\beta = 10^\circ$).

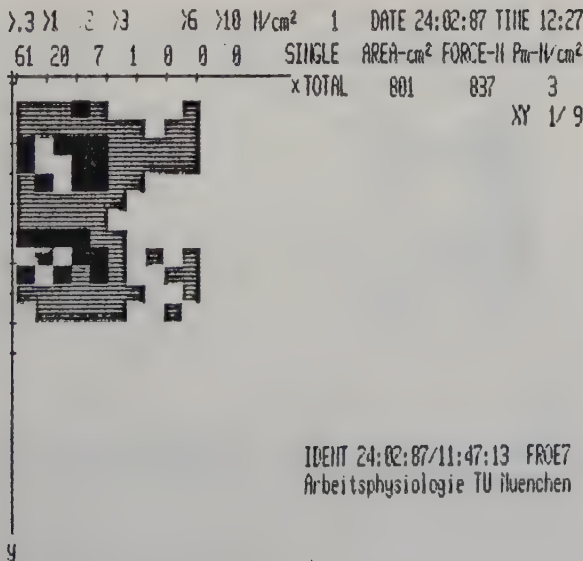


Abb.36: Sitzdruckverteilung von Vp 2 bei VSR 2 ($\alpha = 6^\circ$, Synchronarretierung $\beta = 10^\circ$).

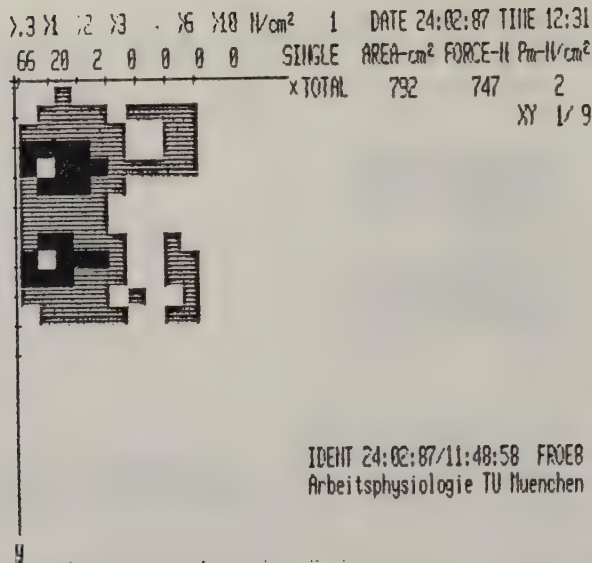


Abb.37: Sitzdruckverteilung von Vp 3 bei VSR 2 ($\alpha = 6^\circ$, Synchronarretierung $\beta = 10^\circ$).

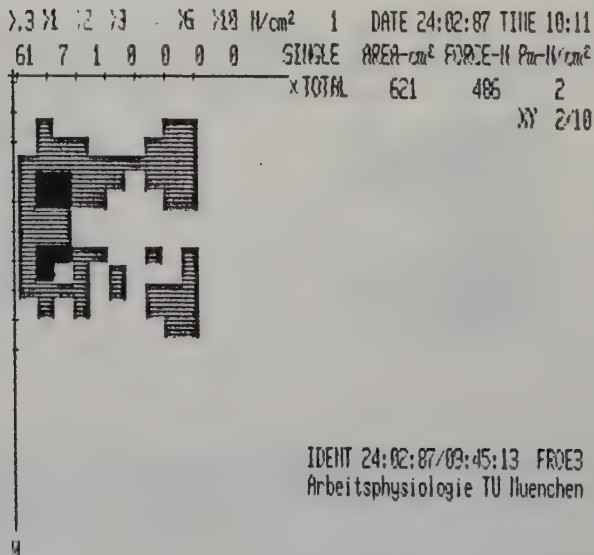


Abb.38: Sitzdruckverteilung von Vp 1 bei VSR 3 (Grundposition $\alpha = 6^\circ$, Synchronrückneigung).

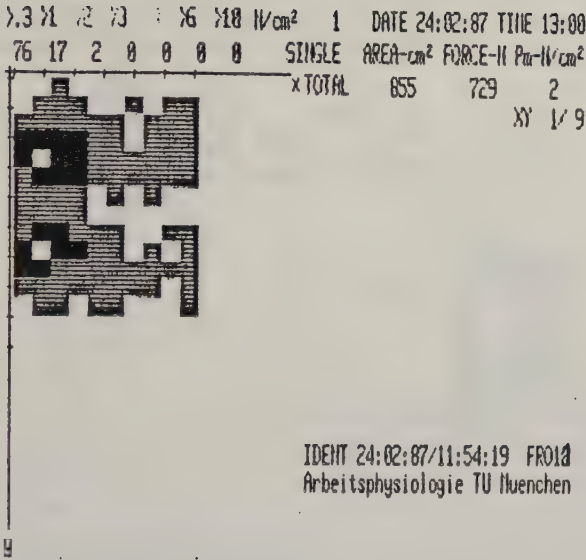


Abb.39: Sitzdruckverteilung von Vp 2 bei VSR 3 (Grundposition $\alpha = 6^\circ$, Synchronrückneigung).

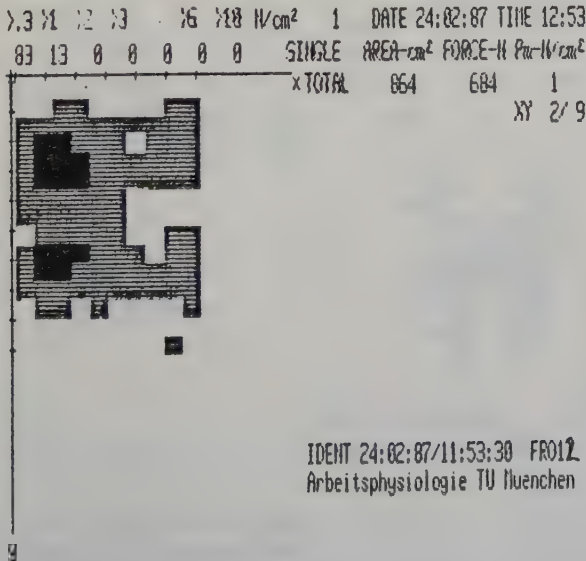


Abb.40: Sitzdruckverteilung von Vp 3 bei VSR 3 (Grundposition $\alpha = 6^\circ$, Synchronrückneigung).

Die Lehnendruckverteilungen der VSR 2 (vgl. Abb. 41-43) weisen eine mäßige Becken- und Schulterabstützung aus. Die Synchronrückneigung in VSR 3 (vgl. Abb. 44-46) führt zur Lastreduzierung im Beckenkambereich und -erhöhung im Schulterbereich.

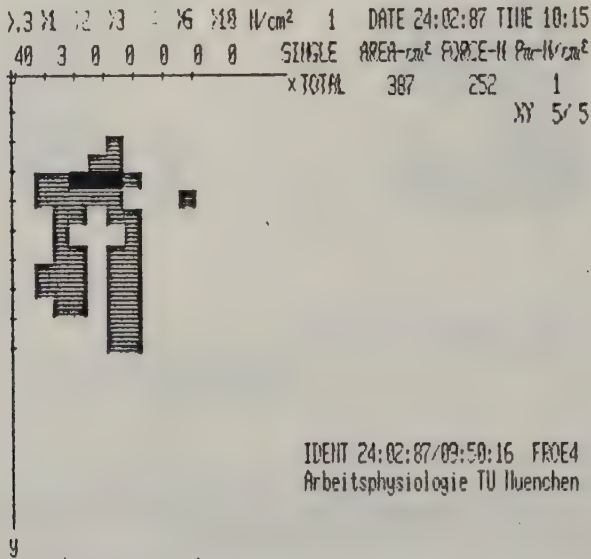


Abb.41: Lehnendruckverteilung von Vp 1 bei VSR 2 ($\alpha = 6^\circ$, Synchronarretierung $\beta = 10^\circ$).

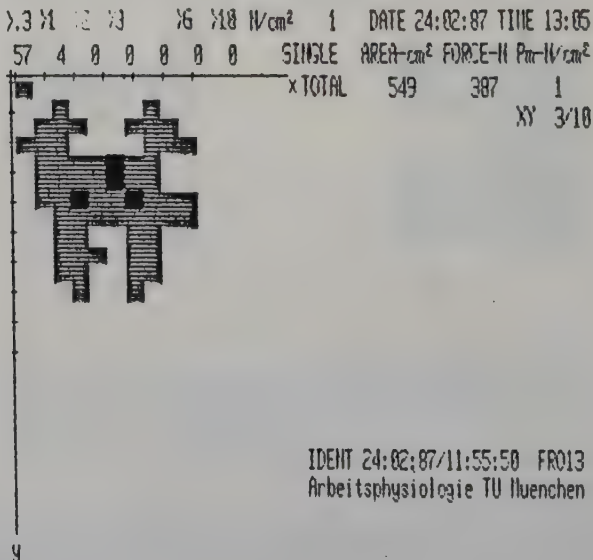


Abb.42: Lehnendruckverteilung von Vp 2 bei VSR 2 ($\alpha = 6^\circ$,

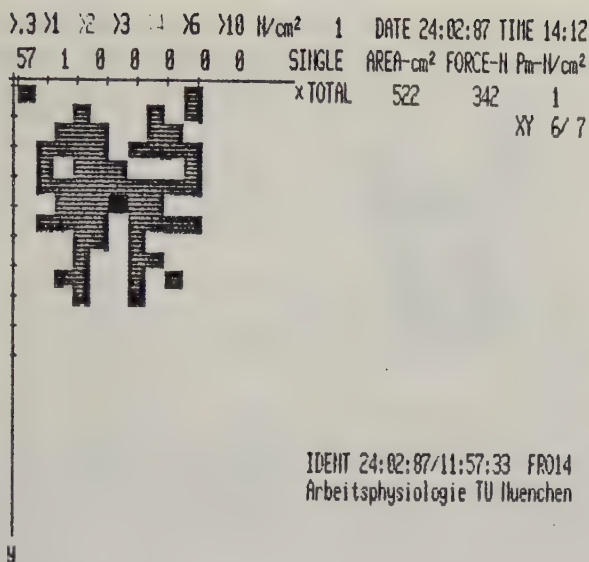


Abb.43: Lehnendruckverteilung von Vp 3 bei VSR 2 ($\alpha = 6^\circ$, Synchronarretierung $\beta = 10^\circ$).

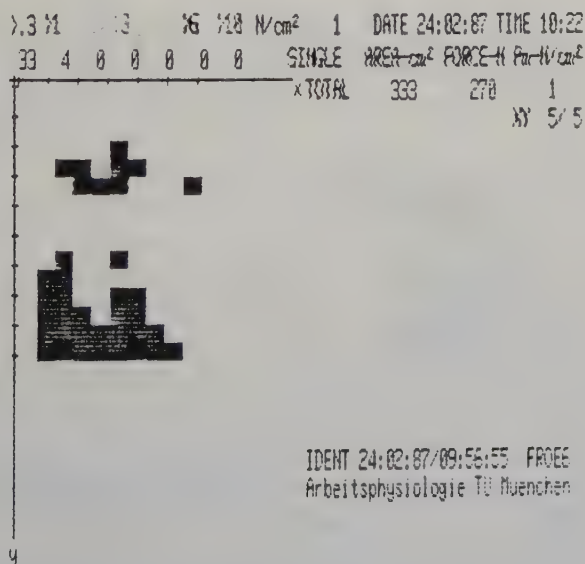


Abb.44: Lehnendruckverteilung von Vp 1 bei VSR 3 (Grundposition $\alpha = 6^\circ$, Synchronrückneigung).

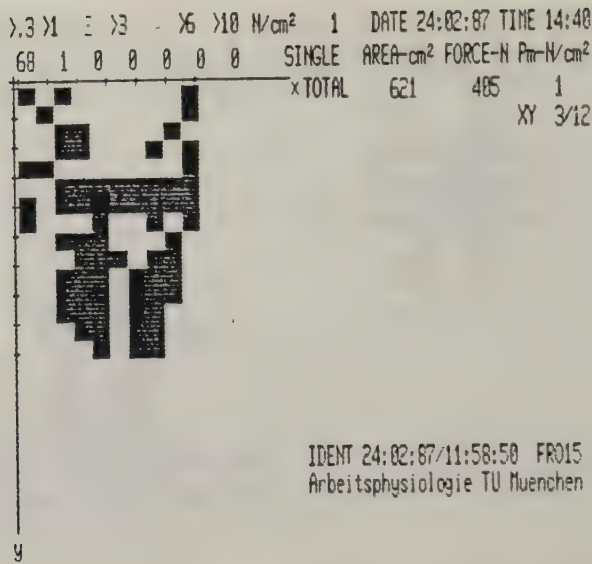


Abb.45: Lehnendruckverteilung von Vp 2 bei VSR 3 (Grundposition $\alpha = 6^\circ$, Synchronrückneigung).

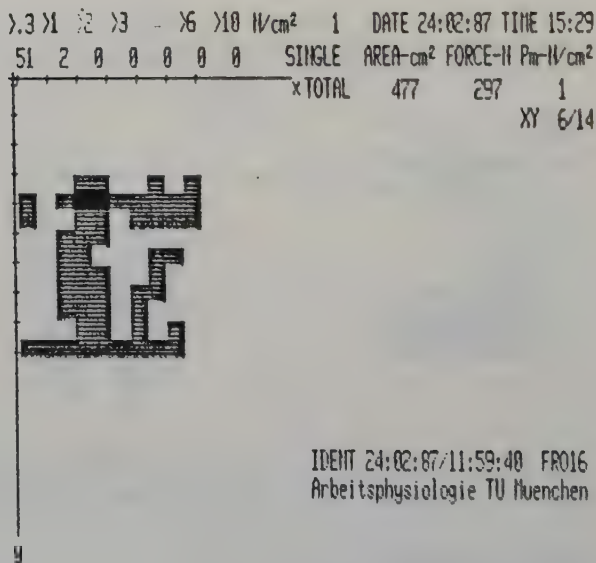


Abb.46: Lehnendruckverteilung bei Vp 3 bei VSR 3 (Grundposition $\alpha = 6^\circ$, Synchronrückneigung).

2.3 Anforderungen

2.3.1 Konstruktive Empfehlungen

Die Abweichungen in den Maßzahlen 8-15 und die diesbezüglichen Diskussionen in Kap. 2.11 beinhalten bereits konstruktive Änderungsvorschläge. Zum Detail "Armlehnen" wird auf die Ausführungen in Kap. 2.13 verwiesen.

Die Ausformung einer anatomiegerechten Lehnenkonturierung sowie die Realisierung einer physiologischen Bewegungsmechanik setzt folgende zusätzliche Konstruktionsveränderungen voraus (vgl. Abb.19):

- In Raste 1 ($\alpha = -3^\circ$) sollte der Lehnentangentenwinkel β etwa 0° - 5° gegenüber der Vertikalen betragen. Der Becken-/Rumpfwinkel μ sollte ebenfalls etwa 0° betragen, um auch bei vorderster Sitzhaltung einen Rücken/Lehnenkontakt zu gewährleisten.
- Weitgehende Fixierung des oberen Lehnengelenks (Gelenk 3) mit max. 5 - 6° Verstellwinkel ($\Delta\mu_3$). In Verbindung mit dem unteren Lehnengelenkpunkt 2 ($\Delta\mu_2$ derzeit etwa 4°) beträgt dann der maximale μ -Winkel etwa die empfohlenen 10° .
- Der Synchronverstellbereich der wirksamen Sitzflächenneigung $\Delta\alpha_{1a}$ sollte bis auf etwa 8° vergrößert werden, der der Lehnenneigung $\Delta\beta$ bis auf etwa 28° bei einem Synchronverhältnis von $\Delta\beta/\Delta\alpha_{1a} = 2,5 : 1$.
- Hierzu ist vor allem die Gelenkposition von 1b in Richtung Sitz-/Lehnen-Fixpunkt vn derzeit 120 mm auf maximal 60 mm Abstand zu verändern. Das hätte zum einen den Vorteil, daß die Gesäßrundungsausformung in der Sitzfläche (vgl. Abb.43) bei Lehnenrückneigung mitabsinkt und somit die Beckenrückdrehung nicht hemmt, zum anderen nimmt die α/β -Kopplung im Gelenk 1b ebenfalls günstigere Synchronverhältnisse an. Desweiteren entspricht die derzeitige Gelenklage nicht dem anatomisch-physiologischen Bewegungsablauf einer Dreh-/Gleitbewegung der Sitzbeinhöcker bei Oberkörperrückneigung.
- Mit den genannten Verstellwinkeln $\Delta\alpha_{1a} = 8^\circ$, $\Delta\beta = 28^\circ$ und $\mu = 10^\circ$ soll insgesamt ein wirksamer Sitz-/Lehnen-Öffnungswinkel bis etwa 120° ermöglicht werden.

- Zur Beckenkamm- und Lendenabstützung wird empfohlen, ein Zylindersegment (Höhe 150 mm, Tiefe 25 mm) zwischen Polsterung und Schale einzuarbeiten (vgl. Abb.47). Die Breite und der Querradius dieses Teils sind den Lehnenquerprofilen anzupassen.

Die Höhenlage des Lendenbausches ist wie folgt konzipiert:

- Höhe des Wölbungsbeginns unter Miteinbeziehung von 30 mm Schaumstoffdicke bei 145 mm,
- Höhe der maximalen Vorwölbung bei 235 mm.

Diese Höhenangaben beziehen sich auf die nichteingesessene Sitzfläche im Sitzbeinhöckerbereich mit 40 mm Schaumstärke und realisieren bei etwa 25 mm Einsinktiefe eines Benutzers die empfohlenen mittleren Höhenlagen für Beckenkamm- und Lendenabstützung.

2.32 Empfehlungen zur Polsterung von Sitz- und Lehnenfläche

2.321 Polstermaterial

Zur Bepolsterung der Sitz- und Lehnenfläche werden Schaumstoffe folgender Spezifikationen vorgeschlagen:

	Kraft in N bei einer Zusammendrückung von		
	25%	40%	65%
Lehnenfläche	50 - 60	70 - 80	120 - 140
Sitzfläche	160 - 180	240 - 260	420 - 480

Tab.14: Empfohlene Eindrückhärtewerte (Prüfverfahren: DIN 53576, 'Bestimmung der Eindrückhärten', Verfahren B).

Druck in kPa bei 40% Zusammendrückung	
Lehnenfläche	1,5 - 2,0
Sitzfläche	4,5 - 6,5

Tab.15: Empfohlene Stauchhärtewerte (Prüfverfahren: DIN 53577 'Bestimmung der Stauchhärte und der Federkennlinie im Druckversuch').

Bei der Schaumstoffauswahl muß auf einen möglichst linearen Kennlinienverlauf geachtet werden (vgl. Abb.47). Ein Schaumstoff mit eher S-förmigem Kurvenverlauf (1) reagiert auf eine niedrige aufgebrachte Kraft zunächst mit nur geringer Verformung. Demgegenüber wird bei eher linearem Kraft-(Druck) -/Weg Zusammenhang (2) auch eine geringe Krafteinleitung in entsprechende Verformung umgewandelt, wodurch eine insgesamt günstigere Druckverteilung zu erzielen ist.

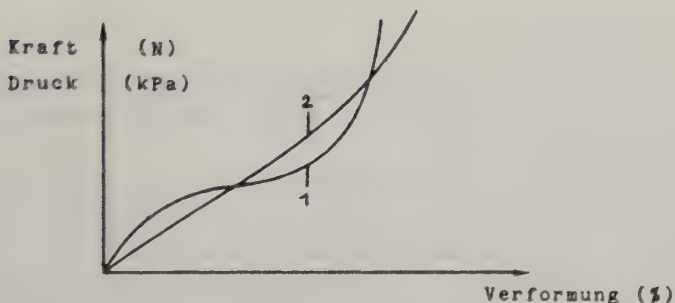


Abb.47: Schematischer Zusammenhang zwischen aufgebrachter Kraft (Druck) und Verformung bei Schaumstoffmaterialien.

Empfehlenswert sind nach unserer Erfahrung 'KF-Schäume' der Fa. BAYER/Leverkusen.

2.322 Formgebung und Maße

Die nachfolgenden Angaben zur Polsterdicke beziehen sich auf die Oberkanten der jeweiligen Schalenstege. Die eingetragenen Radien an den äußeren Polsterkanten können nach Bedarf angepaßt werden (Abb.48-49).

2.3221 Sitzfläche

In Abbildung 48 sind die wesentlichen Maße und Schnitte der Sitzpolsterung angegeben. Es wird darauf hingewiesen, daß die Schalenschräge im Bereich der Sitzvorderkante beim Anwin-

keln der Unterschenkel in die Wadenmuskulatur drückt und folglich durch einen engeren Radius korrigiert werden sollte (vgl. Kap. 2.11, "Maß 9").

Die wirksame Schaumdicke sollte 50 mm betragen. Im Sitzbeinhöckerbereich ist eine muldenförmige Absenkung um 10 mm vorgesehen, die mit einer nach hinten ansteigenden Umrandung (bis 60 mm) abschließt. Diese Gesäßumrandung kann mit einem härteren Schaummaterial ausgeführt sein: Eindrückhärten entsprechend Tabelle 14 ca. 200 N (bei 25%), ca. 280 N (bei 40%), ca. 520 N (bei 65%).

2.3222 Lehnfläche

Die in Abbildung 49 angegebenen Schnitte und Maße setzen die in Kap. 2.31 empfohlenen konstruktiven Veränderungen an der Lehnenschale voraus.

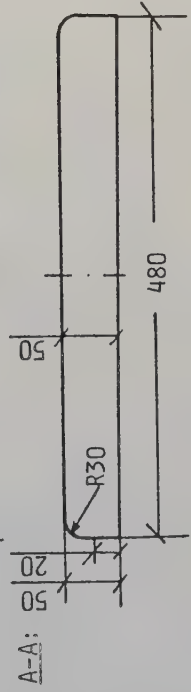
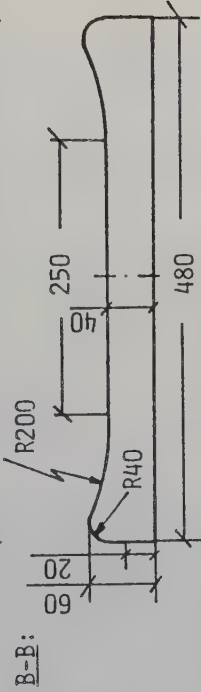
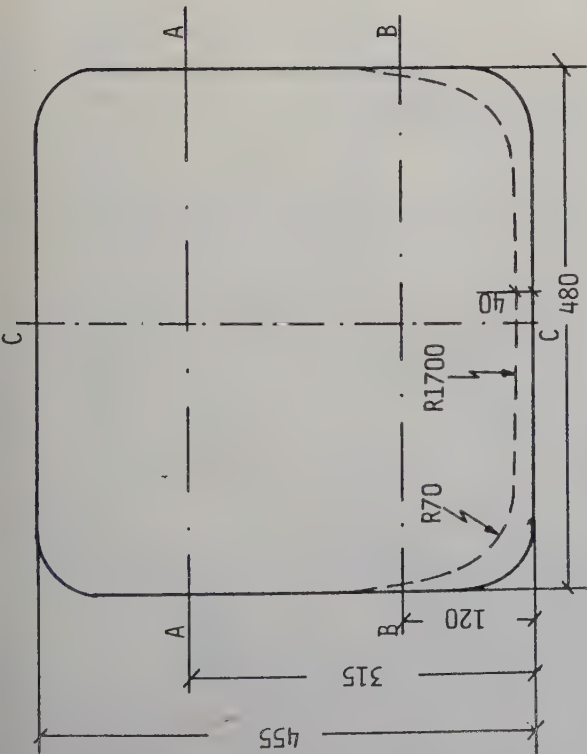
Entsprechend der Lehnenschaumspezifikation wird eine Schaumdicke von 30 mm empfohlen, die zum oberen Lehnende hin bis auf 40 mm zunimmt (s. Abb.49, Schnitt C-C).

Die oberste Lehnenkante darf keinesfalls zu hart ausgeführt oder vorgezogen werden. Über die gesamte Lehnlänge ist eine Wirbelsäulenaufpolsterung vorgesehen mit etwa 50 mm Breite und 10-15 mm Tiefe (vgl. dazu Abb. 15, 16).

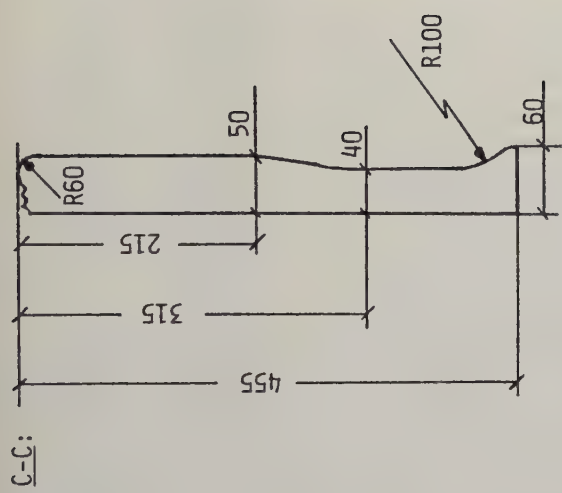
Durch die vorgeschlagene Lendenausformung mittels eines Unterstützungskeils erübrigt sich eine zusätzliche Längsprofilierung des Polsterteils.

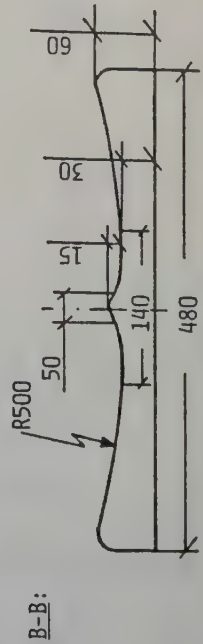
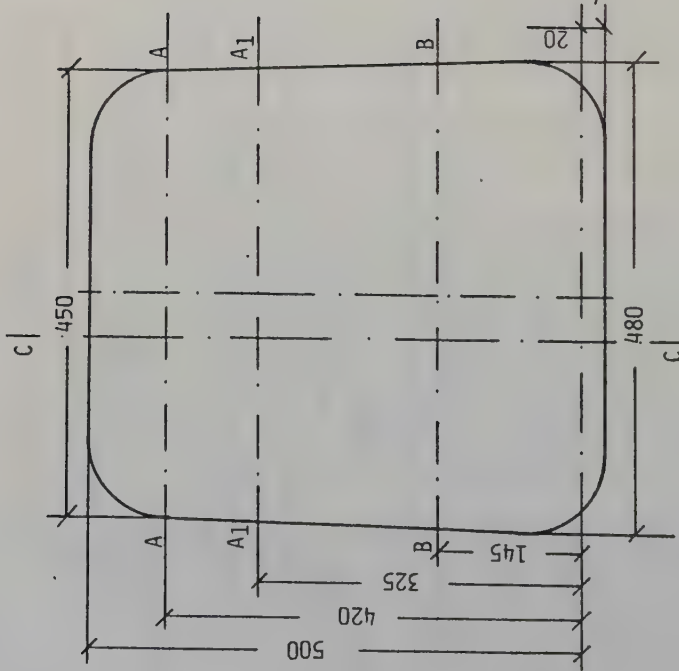
Die Querprofilierung im unteren Lehnabschnitt (Schnitt B-B) mit erhöhten seitlichen Wangen soll über die Schnitte A₁-A₁ und A-A kontinuierlich übergeführt werden und bis zum oberen Ende eben auslaufen (ggf. $R > 800$ mm). Das heißt, vom Becken- bis zum Brustbereich ist eine stärker an den Körper herangezogene seitliche Querprofilbildung vorzusehen. Die Lehnbreite ist in Höhe der Oberarme auf 360-330 mm zurückzunehmen um genügend Oberarmfreiheit zu gewähren.

Die Querprofile im Übergangsbereich Sitz-/Lehnfläche sind entsprechend anzupassen.



Ähnlich wie Schnitt
13-13 in Zeichnung
50.050/0/14 Bl.2





Neues Sitzniveau im Sitzbeinhöcker-
bereich (größere Sitzpolsterdicke)
Höhenangaben bezogen auf nichteingesessenen Sitzfläche!

A-A : wie Schnitt 1-1
A1-A1: wie Schnitt 2-2

- in 50 050/0/14 Bl.2

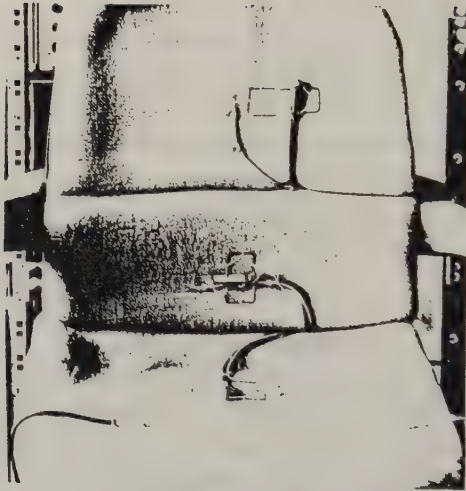


Abb.50: Sitz- und Lehnenfläche mit Klima-Meßfühlern bestückt.

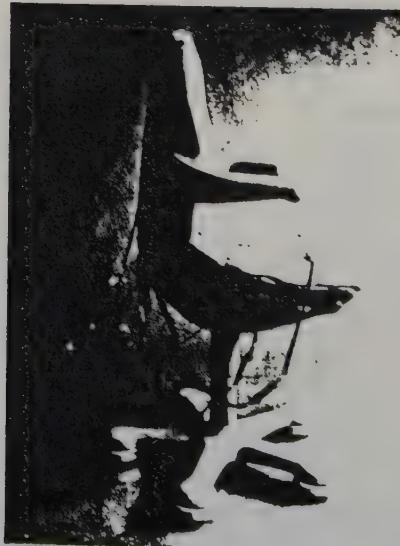


Abb.51: Bürodrehstuhl (Gesamtansicht) mit Verkabelungen für mikroklimate Messungen mit Vpn.

3. AUSBLICK

Die vorgenommenen Untersuchungen hinsichtlich Sitzgeometrie sowie Kraft- und Druckverteilungen haben gezeigt, daß ein äußerlich ansprechender Bürodrehstuhl trotzdem noch gravierende arbeitsphysiologische Mängel aufweisen kann. Dies ist um so schwerwiegender, als Käufer wie Verkäufer im allgemeinen nicht über Detailkenntnisse verfügen, um eine qualitative Analyse eines ins Auge gefaßten Sitzmodells vornehmen zu können. Eine vergleichende Analyse der Sitzmodelle verschiedener Hersteller ist dem Käufer natürlich erst recht nicht möglich.

Internisten, Orthopäden und praktische Ärzte stellen seit Jahren ein Ansteigen von Bandscheiben- und Haltungsschäden fest, wobei die Patienten über

- Beschwerden im Lendenwirbelbereich
- Beschwerden im Schulter-, Arm- u. Handbereich
- Muskelverspannungen u. -verkrampfungen
- Kopfschmerzen
- vom Rücken ausstrahlende Neuralgien
- eingeschränkte Gesamtbeweglichkeit

klagen. Die zunehmend verbreitete Arbeitshaltung 'Sitzen' mit passiver Belastung des Organismus ist dafür sicher mitverantwortlich. Änderungen der Arbeitssituation (Arbeitshaltung, Bewegungshäufigkeit etc.), z.B. der im Arbeitsablauf mehrmalige Wechsel von der Sitz- zur Stehsitz- und -Steharbeitshaltung), ggf. im Rahmen eines job-teams mit job-rotation-system, werden zwar arbeitsmedizinisch immer wieder betont, doch in praxi generell werden die Empfehlungen nur zeitweilig umgesetzt.

Es ist deshalb von besonderer arbeitsmedizinischer Bedeutung, die Hersteller von Arbeits- sowie Komfort-, Ruhe-, Erholungs- und jeglichen Freizeitsitzen mit aufbereitetem anatomisch-physiologischen know-how zu versorgen, damit Sitzmöbel-Konstrukteure und Designer auch wirklich menschengerechte Stühle herstellen. Die vorliegende Arbeit versteht sich als Beitrag dazu.

4. ZUSAMMENFASSUNG

Die zunehmende Technisierung und Automatisierung in fast allen Arbeitsbereichen hat u.a. auch zu einer erheblichen Veränderung von Körperstellung und -haltung der arbeitenden Menschen geführt. Am augenfälligsten ist dieser Wandel zu erkennen am Wechsel vom Steh- zum Sitzarbeitsplatz. Im ersten Teil dieser Arbeit werden nach einer kurzen historischen Betrachtung des Sitzens die physiologischen Vor- und Nachteile des Sitzens dem Stehen gegenübergestellt und die verschiedenen Arbeitshaltungen im Sitzen (vordere, mittlere, hintere) beleuchtet.

Sodann wird am Beispiel eines Bürodrehstuhls, der auf den ersten Blick als sehr empfehlenswert gelten könnte, in labor-technischen und in Sitzversuchen mit Testpersonen nachgewiesen, daß viele Stuhlmaße und -bewegungselemente dem Benutzer anatomisch und physiologisch nicht genügend entsprechen. In diesem Zusammenhang wird die gesamte Sitz- und Lehnengeometrie einer detaillierten Soll-Ist-Analyse unterzogen:

A. Bedienteile

Die Bedienelemente sind zum Teil schwer zu erreichen und erfordern z. T. zu große Betätigungskräfte.

Beispiel: Der Hebel der Sitzhöhenjustierung ist zu glatt und erfordert über 40 N (wünschenswert höchstens 20 N) Betätigungskraft. Riffelung des Hebels wäre empfehlenswert.

Ähnliche Mängel wurden bei Sitzflächengrundeinstellung, Synchronarretierung und Synchronhärteeinstellung beobachtet.

B. Maße und Winkel

	Ist	Soll
Absenkung Sitzbeinbereich (Ungünstige Beckenkipfung)	15 mm	0 bis 10 mm
Radius Sitzvorderkantenverrundung (Druck auf Wadenmuskulatur bei Anwinkeln der Beine)	80 bis 100 mm	40 bis 50 mm
Breite der Armlehnen (keine sichere Armauflage)	38 (effektiv)	50 bis 90 mm
Winkel der Armlehnen (Unphysiologisch! Entspannter Ellenbogenwinkel über 90°)	nach hinten abfallend	nach hinten ansteigend
Sitzhöhe (niedrigster Verstell- wert) (bei kleinen Menschen kein voll- flächiger Boden-Fuß-Kontakt)	460 - 470 mm	400 mm
Drehpunktlage f. Sitzflächenneigung (beim Zurücklehnen zu starke An- hebung der Sitzvorderkante)	nahe Sitzflä- chenmitte	nahe Sitzflä- chenvorderkante
Becken-Rumpf-Winkel d. Lehne bei vorderer Sitzhaltung (kein Lehnen-Rücken-Kontakt)	3°	0°
Verstellwinkelbereich oberer Lehnen- teil nach hinten (überhöhte Lendenlordose)	über 6° nach Test-Be- lastung: über 10° (Material- ermüdung!)	5 bis 6°

Hinweis: Bei max. Rückneigung verbiegt sich die zentrale Stütz-
säule geringfügig. Festigkeitsüberprüfung ist anzuraten.

C. Polsterung

Effektive Polsterdicke ist, wie empfohlen, 40 - 50 mm. Der hier verwendete PU-Schaum hat aber eine ungünstige S-förmige Kennlinie, die bei hohen Belastungen zu erhöhten Drücken im Bereich der Sitzbeinhöcker führt.

Vorschlag: Verwendung eines Mehrkomponenten-PU-Schaumes mit linearer Kennlinie. Zur Ausformung aller Polsterflächen enthält die Arbeit ausführliche Vorschläge. Besonders wichtig erscheint eine bessere Ausformung des Lendenbausches.

Aufgrund der oben festgestellten Mängel am Prüfobjekt ergeben sich folgende Hauptforderungen an einen ergonomisch geeigneten Arbeitsstuhl:

- Bessere Berücksichtigung der (genormten) anatomischen Gegebenheiten für Abmessungen und Verstellwinkel.
- Gut erreichbare und kraftsparende Bedienteile.
- Körpergerecht ausgeformte Polsterung aus geeignetem Material.
(Mehrkomponenten - PU-Schaum mit linearer Kennlinie.)

5. LITERATUR

- DIEBSCHLAG, W.; FÖRSTER, G. et al.: Arbeitssitze - wie sie sein sollen. Ein Anforderungskatalog für die Praxis. Schriftenreihe "Humanisierung des Arbeitslebens" Bd. 51, Düsseldorf: VDI-Verlag 1983.
- DIEBSCHLAG, W.; MÜLLER-LIMMROTH, W.; STUMBAUM, F.: Physiologische Untersuchungen und Erprobung von Arbeitssitzen mit verformbaren Rückenlehnen. Theoretisch-experimentelle Untersuchungen sowie Feldstudie. BMFT-FB-HA 85-003. Karlsruhe: Vertrieb Fachinformationszentrum, 7514 Eggenfelden-Leopoldshafen 2; 1985.
- DIEBSCHLAG, W.; MÜLLER-LIMMROTH, W. et al.: Physiologische Untersuchungen zur Sitzmöbelgestaltung. Z.Arb.wiss. 32 (4NF), 89-95 (1978).
- DUPUIS, H.: Gestaltungen von Schleppern und landwirtschaftlichen Arbeitsmaschinen. Verlag TÜV Rheinland, Köln 1981.
- ECKSTEIN, H.: Der Stuhl. München: Keyser 1977.
- GEIGY-AG, Hrsg.: Documenta Geigy/Wissenschaftliche Tabellen, 7. Aufl., Basel: J.R. Geigy S.A. 1968, p. 701.
- GRANDJEAN, E.; BURANDT, U.: Das Sitzverhalten von Büroangestellten. Industrielle Organisation 31, 243-250 (1967).
- GRANDJEAN, E.; HÜNTING, W.: Sitzen Sie richtig? - Sitzhaltung und Sitzgestaltung am Arbeitsplatz. Bayer. Staatsmin.f. Arbeit u. Sozialforschung (Hrsg.), Reg.-Nr. 10/77/12, München 1980.
- GRANDJEAN, E.; KRETSCHMAR, H.; WEY, K.: Erhebungen über die Ermüdung und den Gesundheitszustand beim Verkaufspersonal eines Warenhauses. Z.Präv.med. 13, 10-21 (1968).
- HEIDINGER, F.; DIEBSCHLAG, W.: Physikalische Untersuchungen der Sitzdruck- und Mikroklima-beeinflussenden Faktoren von verschiedenen Polstermaterialien. Abschlußbericht zu BMFT-Forschungsprojekt 01 VK 012 0, München 1984.
- JÜRGENS, H.W.: Die Verteilung des Körperdrucks auf Sitzfläche und Rückenlehne als Problem der Industrieanthropologie. Symposium Sitzhaltung, Zürich 1968.
- JÜRGENS, H.W.: Wissenschaftliche Aspekte der Anthropometrie im Normenwesen. Z.Arb.wiss. 31 (3NF), 57-60 (1977).
- JÜRGENS, H.W.; HELBIG, K.; KOPKA, Th.: Funktionsgerechte Körperumrißschablonen, Ergonomics 18, 185-194 (1975).
- KELLER, W.D.; KOPF, H.: Die Beziehung verschiedener Körpermaße zum Körpergewicht bei gesunden jungen Männern. Int.Z. angew. Physiol. einschl. Arbeitsphysiol. 19, 96-109 (1961).

- LANGE, W.; KROEMER, K.H.E.: Kleine ergonomische Datensammlung. Bundesanstalt f. Arbeitsschutz und Unfallforschung (Hrsg.), Dortmund 1976.
- LEWIN, T.: Anthropometric studies on Swedish industrial workers when standing and sitting. *Ergonomics* 12, 883-902 (1969).
- MORGENSTERN, Ch.: Alle Galgenlieder. Wiesbaden: Insel-Verlag 1956, p.250.
- NACHEMSON, A.; ELFSTRÖM, G.: Intravital dynamic pressure measurements in lumbar discs. *Scand.J.Rehabil.Med.Suppl. 1*, Stockholm: Almqvist u. Wiksell 1970.
- O'HARA, T.: Zusammenhang zwischen Entwurf und Mensch (jap.), *Kenchiku-Bunka* 194, 138 (1962).
- OXFORD, H.W.: Anthropometric data for educational chairs, 26-47 in: GRANDJEAN, E., ed.: *Sitting posture, Sitzhaltung, posture assise*, London: Taylor and Francis 1969.
- PETERS, Th.: Anthropometrische und physiologische Grundlagen zur Gestaltung von Büroarbeitssitzen, 48-56 in: GRANDJEAN, E., ed.: *Sitting posture, Sitzhaltung, posture assise*, London: Taylor and Francis 1969.
- PETERS, Th.: Anthropometrische Meßergebnisse von 1166 Büroangestellten verschiedener Altersgruppen. *Arbeitsmedizin-Sozialmedizin-Arbeitshygiene* 5, 40-43 (1970).
- PETERS, Th.: *Arbeitswissenschaft für die Büropraxis*. Herne: Schilling-Verlag 1973.
- SCHMIDTKE, H.; RÜHMANN, H.P.: *Ergonomische Gestaltung von Steuerständen*. Bundesanstalt f. Arbeitsschutz und Unfallforschung (Hrsg.), Fb-Nr. 191, Dortmund 1980.

D A N K S A G U N G

Herrn Univ.-Prof. Dr.Dr. Wilfried Diebschlag danke ich für die Überlassung der interessanten Thematik und die intensive Betreuung bei der Durchführung der Versuche sowie deren Auswertung.

Ebenfalls bedanken möchte ich mich bei Herrn Univ.-Prof. Dr. Günter Fruhmann für die Durchsicht der Arbeit und die freundliche Übernahme der Mitberichterstattung.

LEBENS LAUF

Margrit, Jutta Kohn

Geburtsdatum: 29.4.1940
Geburtsort: Marburg/Lahn
Vater: Univ.-Dozent Dr. Emil Diebschlag,
geb. am 14.2.1911, gefallen am 24.2.1942
Mutter: Erika Diebschlag, geb. Büttner,
O'Stud.Rätin i.R.,
geb. am 4.6.1910, gestorben am 26.10.1981
Grundschule: 1946 - 1950 in Marburg/Lahn
Gymnasium: 1950 - 1957 in Marburg/Lahn
Gymnasium: 1957 - 1959 in Giessen/Lahn
Reifeprüfung: 25.2.1959 in Giessen/Lahn

Studium:

1959 - 1962 Studium d.Anglistik u.Biologie in Marburg,
Göttingen und Hamburg
1963 - 1969 Medizinstudium in Marburg und Wien
6.2.1970 Mediz. Staatsexamen in Marburg/Lahn
März 1970 - März 1971 Medizinalassistenten-Zeit an der Univ.-
Augenlinik Marburg und den Städt.
Krankenanstalten Konstanz
(Chirurgie und Innere Medizin)
13.4.1971 Erhalt der Approbation
1971 - 1979 Keine volle Berufstätigkeit wegen Heirat
und Geburt zweier Kinder, jedoch häufige
Vertretungen bei verschiedenen Ärzten im
Konstanzer Raum.
Nov. 1979 - Jan. 1980 Praxis-Assistentin bei Allgemeinarzt in
Konstanz
1.2.1980 Zulassung als Praktische Ärztin
1980 - 1983 Niederlassung als Praktische Ärztin in
Gemeinschaftspraxis mit einem Allgemein-
arzt
Seit 1.3.1983 Eröffnung einer eigenen Praxis in
Konstanz und Tätigkeit als Praktische
Ärztin

